

No 23
REL



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFIA

ESTUDIO GEOMORFOLOGICO
DE LA
SIERRA DE SANTA CATARINA, D. F.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LICENCIADO EN GEOGRAFIA

P R E S E N T A :
Blanca Azucena Pérez Vega



México, D. F.

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS Agosto de 1992
COLEGIO DE GEOGRAFIA

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE

INTRODUCCION.....	2
CAPITULO I. Generalidades.....	4
CAPITULO II. Geología.....	9
Marco regional.....	9
Estratigrafía.....	12
Estructura geológica.....	14
Vulcanismo.....	17
CAPITULO III. Geomorfología.....	21
Relieve endógeno.....	23
Relieve exógeno.....	26
Tipos de modelado.....	31
Modelado fluvial.....	31
Modelado por remoción en masa.....	37
Modelado antrópico.....	38
Evolución del relieve.....	42
CAPITULO IV. Uso del suelo.....	52
CONCLUSIONES.....	70
BIBLIOGRAFIA.....	72

INTRODUCCION

El presente trabajo pretende ofrecer información de la Sierra de Santa Catarina sobre su origen, cronología de los eventos eruptivos, los materiales y las formas del relieve que la constituyen, cuantificar el avance erosivo que presentan dichas formas; además, conocer el desarrollo de las modificaciones en el uso del suelo, ya que la zona de interés está siendo fuertemente alterada por el avance urbano de la ciudad de México y donde el establecimiento de empresas extractoras de material para la construcción han modificado seriamente los conos volcánicos que forman la sierra. Hasta la fecha no se cuenta con los estudios suficientes sobre el origen y la evolución de la misma, información fundamental para una zona volcánica como lo es la cuenca de México, en donde la actividad eruptiva podría ocurrir nuevamente.

La intervención antrópica descrita anteriormente ha generado nuevas formas en el relieve del área en estudio, mismas que actúan con una fuerte dinámica erosiva, la cual no es propia de relieves volcánicos jóvenes, como el de la Sierra de Santa Catarina. Estos procesos geomorfológicos cobran importancia porque degradan áreas consideradas de conservación ecológica y, por otro lado, los asentamientos humanos también avanzan sin respetar el área de reserva, al establecerse en sitios cercanos a zonas inestables.

Los resultados obtenidos en este trabajo se fundamentaron en la interpretación de fotografías aéreas en escalas 1:50,000, 1:20,000 y 1:4,500, las cuales fueron utilizadas de acuerdo con los objetivos a perseguir. Para la realización del mapa geomorfológico se prefirió trabajar la escala más grande, la cual muestra un mayor detalle de los rasgos del relieve, y las dos restantes se utilizaron para la información geológica para conseguir una secuencia eruptiva de los procesos que han

tenido lugar en la Sierra de Santa Catarina, al parecer, uno de los eventos volcánicos más recientes de toda la Cuenca de México.

También se utilizó información cartográfica, la cual corresponde a fechas de 1950 (Srta. de la Defensa Nacional), 1970 (DETENAL) Y 1985 (DDF) de donde se extrajeron datos sobre la utilización del suelo en ese lugar a través del tiempo. La sobreposición de los mapas se llevó a cabo mediante la utilización de un sistema de información geográfica (ILWIS), el cual proporcionó la superficie (en Km²) del uso del suelo, además de la superficie de las áreas modificadas y el desplazamiento que presentan. De los resultados obtenidos es claro el decremento de las áreas naturales y agrícolas sobre el incremento de áreas urbanas que se establecen aun en zonas que son consideradas como forestales de uso restringido. El crecimiento urbano es desigual y obedece primordialmente a factores socioeconómicos; el avance se realiza con mayor velocidad en la vertiente septentrional de la Sierra de Santa Catarina, correspondiente a la delegación Iztapalapa.

La información obtenida, tanto de fotografías aéreas como de cartografía, se complementó con datos de campo, basados en la observación de los depósitos que forman parte de la Sierra de Santa Catarina.

El capítulo de Geomorfología se apoyó además, en mediciones sobre el avance de las formas erosivas del relieve de la zona de estudio, originadas por la intervención antrópica.

La zona en estudio es víctima de la gran alteración antrópica, donde es imprescindible tomar medidas de protección, ya que de no ser así, implicaría riesgos para la población establecida en la zona. Por otro lado, las actividades de extracción de material deben cesar, ya que las canteras son las generadoras en gran medida de la modificación y aceleración de los procesos geomorfológicos erosivos en la Sierra de Santa Catarina.

CAPITULO I

GENERALIDADES

Localizada al sureste de la cuenca de México, la Sierra de Santa Catarina es una estructura volcánica muy joven, que forma parte de la Faja Neovolcánica Transmexicana. Está constituida por conos de tefra de diferentes magnitudes, coladas de lava basáltica y domos de tipo andesítico, en conjunto tiene una alineación general este-oeste (Fig. 1).

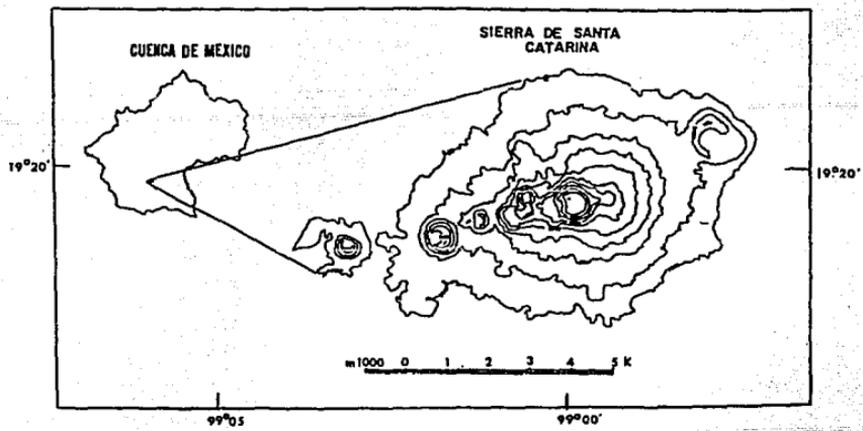


Fig. 1. Esquema de localización.

Es importante señalar que el término sierra utilizado para denominar a esta serie de volcanes alineados, no concuerda con el significado del mismo porque se entiende por sierra una montaña alargada con una divisoria principal, condición que no presenta la zona en estudio. Pero en el presente trabajo se usará el mismo término para evitar confusiones.

La Sierra de Santa Catarina la encontramos ubicada entre de los paralelos $19^{\circ}21'30''$ y $19^{\circ}17'30''$ de latitud norte; y entre los meridianos $99^{\circ}04'00''$ y $98^{\circ}57'30''$ de longitud oeste.

Cubre un área de 47 Km^2 y queda comprendida en las cartas topográficas escala 1:10,000, "Cerro de la Estrella" (F14A39-45), "Citlali" (E14A39-46) y "Santa Catarina Yecahuizotl" (E14B31-41), publicadas por el Departamento del Distrito Federal. Tiene una longitud de 11.3 Km y anchura máxima de 6 Km en su porción oriental.

La Sierra de Santa Catarina marca la división de dos delegaciones políticas (Fig. 2), al norte la de Iztapalapa, y la de Tláhuac al sur. En su extremo oriental limita con el Estado de México. Representa también la división entre antiguos lagos: el de Texcoco al norte, y el de Chalco al sur.

Es una estructura perpendicular al sistema norte-sur de las Sierras de Río Frío y la Nevada, y paralela a la Sierra Chichináutzin, obedece a una red ortogonal de fallas y fracturas, de acuerdo con Mooser (1975).

Los conos volcánicos del área en estudio están bien conservados, mantienen una pendiente de 33° . Las altitudes aumentan de oeste a este, alcanzando en su parte más elevada hasta 2750 m y en su base 2240 m, nivel de la planicie lacustre (Fig. 3).



Fig. 2. Límite delegacional del área.

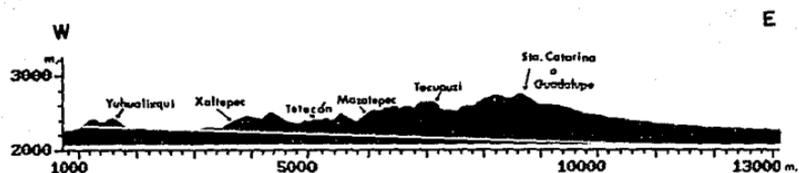


Fig. 3. Perfil longitudinal (W-E) de la Sierra de Santa Catarina, D. F.

Las vías de acceso son la carretera México-Tulyehualco o Avenida Tláhuac, paralela a la Sierra en su porción meridional, mientras que por el norte, también paralela se extiende la Calzada Ermita-Iztapalapa. Numerosos caminos de terracería atraviesan la zona, utilizados para transportar el material para la construcción extraído de los conos de tefra.

Las colonias son numerosas, ubicadas a lo largo de las avenidas principales; entre ellas figuran San Lorenzo Tezonco, La Nopalera, Santa Cruz Meyehualco y la ampliación de ésta, Santiago Zapotitla, San Francisco Tlaltenco, Santiago Acahualtepec, Santa Catarina Yecahutzol y otras. Todas ellas amenazan con invadir terrenos agrícolas y a la misma Sierra de Santa Catarina, ya que crecen de manera caótica hacia lugares inadecuados.

Las estructuras volcánicas en cuestión son jóvenes y por esta razón los suelos no están muy desarrollados, en lo que el factor climático tampoco favorece su formación.

Aguilera y Cervantes (1981) reconocen litosoles sin horizontes de diagnóstico; son suelos en los que el material parental se compone básicamente de cenizas volcánicas, al que denominan Cryorients-Xerochrepts.

El clima se clasifica en templado subhúmedo, con temperatura media anual de 15°C y precipitación media anual de aproximadamente 700 mm. Cabe aclarar que esta es una información general y en otro capítulo se presenta una de tipo climático más detallada, en relación con la dinámica del relieve.

La vegetación de la zona en estudio refleja las condiciones ambientales del lugar, mismas que han sido notablemente alteradas por el hombre y en donde la vegetación original es nula, se desarrolla una comunidad de pastizales con predominio de gramíneas anuales (Aristida adscenciomis y Boutelous simplex), acompañada de árboles de pirul (Schinus molle) y algunos nopales (Opuntia spp.).

La hidrología de la zona es incipiente, debido a la juventud del relieve volcánico y por el alta permeabilidad de los materiales. La formación de surcos y algunos barrancos, se produce de manera radial en los conos, mientras que en las lavas y domos hay escurrimientos que aprovechan las grietas, originadas en el

momento del emplazamiento de la estructura original, por ello longitudinalmente presentan una configuración sinuosa.

Los trabajos publicados acerca de la Sierra de Santa Catarina son pocos y entre ellos sobresalen los de Ordoñez (1895) y de Waitz (1910) que tratan sobre su origen. Bryan (1948) realizó una correlación de paleosuelos para determinar una edad relativa y hace referencia a la zona de interés y a otras zonas de la Cuenca de México; Arellano (1951) coincide con Bryan sobre la edad Pre-Becerra de la Sierra de Santa Catarina; Maldonado Garay (1975) propuso una cronología eruptiva de la zona, considera que el volcán Yuhualixqui fue el último de la Sierra de Santa Catarina. Mooser (1975) explico el origen de la Sierra de Santa Catarina desde un contexto regional enmarcado en la Cuenca de México, hace énfasis en la juventud volcánica de la zona, la correlaciona con la Sierra Chichináutzin y señala que puede ser tan solo anterior a está.

CAPITULO II

GEOLOGIA

Marco Regional

El estudio geológico es necesario para explicar los procesos y mecanismos que han dado origen al relieve de la Sierra de Santa Catarina y para conocer su evolución en diferentes etapas.

La Sierra de Santa Catarina es resultado de procesos volcánicos que se han llevado a cabo en la Cuenca de México, comunes a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana (FVT), que se extiende de oeste a este en nuestro país, aproximadamente a lo largo del paralelo 19° de latitud norte.

Es importante entender el proceso de formación de esta estructura porque tiene estrecha relación con los procesos que dieron origen a la Cuenca de México.

En diversas ocasiones se ha intentado explicar (Molnar y Sykes, 1969; Mooser, 1975; Demant y Robin, 1975; 1981, y otros) el origen de la Faja Volcánica Transmexicana. Existe polémica en cuanto al origen de dicha estructura por la compleja estructura en placas litosféricas y los movimientos de esta, en el territorio mexicano y contiguo.

Una de las teorías explica que la presencia de miles de volcanes, se debe a que la corteza terrestre (unos 40 Km de espesor debajo de la Cuenca de México) está quebrada, siguiendo un zigzag, a tal grado que en varios puntos de la Faja Volcánica han surgido, especialmente en el Cuaternario, ciertos volúmenes de materiales, originados probablemente en el manto superior, debido a la subducción de la placa oceánica de Cocos bajo la continental que se funde y provoca el magmatismo que posteriormente se manifiesta en la superficie (Mooser, 1975).

Estos materiales de origen volcánico ascienden hacia la superficie a través de las debilidades de la corteza terrestre, llamadas fracturas.

Mooser (1975) especifica que las fracturas que dieron salida al material volcánico en la FVT, forman parte de un sistema ortogonal de tres tipos: 1. En forma de "X", con direcciones SW y SE; 2. Otras fracturas secundarias en arco; y 3. Fracturas asociadas a los grandes aparatos volcánicos.

Estas manifestaciones volcánicas de la FVT, quedan representadas por estructuras poligenéticas (grandes edificios volcánicos de varios periodos de actividad) y monogenéticas (pequeños edificios volcánicos de un solo periodo eruptivo); estructuras que en conjunto formaron la Cuenca de México en la parte central de la FVT.

La historia geológica de la Cuenca de México, ha sido interpretada por Mooser (1975) a partir de varios estudios.

La formación de la Cuenca de México se produjo en varios periodos eruptivos. Se atribuye a las primeras rocas volcánicas, una edad de 30 millones de años de acuerdo con Schlaepfer (1968), y por otra parte, 50 millones según Mooser (1975). Este autor divide el vulcanismo de la cuenca en 7 fases volcánicas, donde la primera no tiene expresión petrográfica en la superficie y se sabe de ella por la perforación del pozo Texcoco 1.

La segunda fase corresponde a la formación en el noroeste de la Sierra de Tepetzotlán, misma que se extiende hasta Huehuetoca y el Cerro Sincoque, con una edad de 32 millones de años.

En la tercera fase se originó la Sierra de Xochitepec, los cerros del Peñón de los Baños, del Tigre, Santa Isabel (16 millones de años), los islotes de Cuauhtepic y Tepetzingo (2 millones de años); también se formaron los cerros de Tlapacoya, Zacaltepetl y Chapultepec; y por último, la serie Humaredas (17 millones de años). La segunda y tercera fases formaron los relieves actuales más erosionados; alineados al noreste por las fracturas de fosas y pilares, formando así la estructura básica profunda de la cuenca, con escalonamientos hacia el centro.

Durante la cuarta etapa se formó el complejo principal de las sierras de Guadalupe, de Tepetzotlán, Las Pitayas, Patlachique y el Tepozán, además de grandes domos dacíticos como el Tenayo y el Chiquihuite, surgieron sobre una serie de escalonamientos y son llamadas las sierras menores, cuya edad es de 14 millones de años.

La quinta fase, iniciada a fines del Mioceno, corresponde a la formación de las sierras mayores: Las Cruces, Río Frío y Nevada, y perdura hasta principios del Cuaternario.

La sexta y séptima fases corresponden básicamente al Cuaternario. Son etapas de formación de estructuras como el Iztaccihuatl y el Popocatepetl, que constituyen la Sierra Nevada.

Y la última fase formó el Sistema Chichináyutzn, importante por la magnitud de la actividad volcánica, la cual cerró el desagüe de la cuenca. Durante esta última fase volcánica se forma el área objeto de estudio, la Sierra de Santa Catarina.

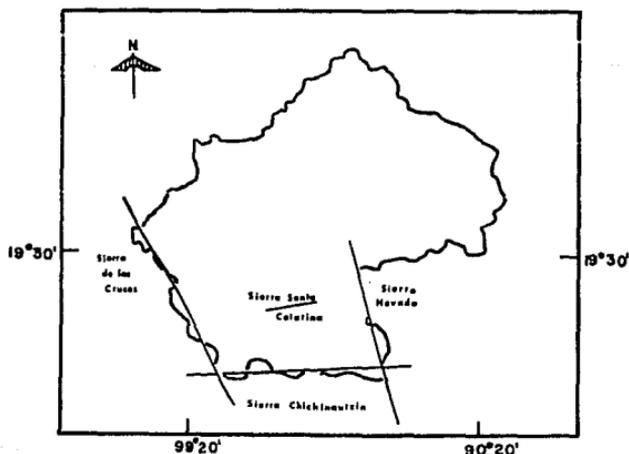


Fig. 4. Fracturas principales en el sur de la Cuenca de México (tomada de Mooser, 1975).

La Sierra Chichináyutzn se localiza entre las sierras Nevada y de Zempoala y se originó por la fractura producida en una fosa central, describiendo un arqueamiento que se repite al norte, formando el alineamiento de la Sierra de Santa Catarina.

Por ello, la zona en estudio, al ubicarse paralela al sistema Chichináyutzn y perpendicular a las sierras Nevada y de Río Frio, desarrolla una red ortogonal de fracturas por las que ha sido más accesible la salida del material volcánico (Fig. 4).

Estratigrafía

Los trabajos más detallados conocidos sobre la estratigrafía de la Cuenca de México, inician con el de C. Schlaepfer (1968), mismo que se apoya en los estudios entonces recientes, de C. Fries y la información resultante del pozo de exploración Texcoco 1, el primero profundo de la Cuenca de México.

Posteriormente, nueva información apareció en publicaciones de Mooser (1975, 1986, 1990) y de Vázquez y Jaimes (1989). Las obras del drenaje profundo, del Metro, y 4 pozos profundos de exploración en 1986-1987, así como estudios geofísicos, han enriquecido los conceptos sobre la estratigrafía de la Cuenca de México, sobre todo bajo la planicie lacustre donde se asienta la ciudad de México.

La estratigrafía de la Cuenca de México se puede resumir en lo siguiente: las rocas sedimentarias en el subsuelo de la planicie lacustre, se localizaron a más de 1,500 msnm, todas pertenecientes al Cretácico (Vázquez y Jaimes, 1989), y correlacionables con formaciones geológicas (Mexcala, Cuautla, Morelos) conocidas.

Sobre este sustrato se apoya un conjunto de rocas volcánicas y epiclásticas, que inician con el conglomerado de la Formación Balsas del Eoceno (Schlaepfer, 1968), a la que continúan las secuencias del material volcánico y de acumulación exógena correspondientes a los siguientes periodos: Oligoceno, Mioceno, Plioceno y Cuaternario.

El Cuaternario en la Cuenca de México, aunque en la escala geológica es muy breve, está ampliamente representado en la superficie y el subsuelo.

Bajo la planicie lacustre, las rocas cuaternarias consisten en capas de arcilla que se alternan con arenas, gravas, tobas, lavas. Los tipos de rocas y sus espesores varían de acuerdo con la localidad.

En publicaciones recientes de Mooser (1989, 1990) se muestra como parte importante de la estratigrafía, potentes depósitos de aluvión (incluso de más de 100 m) que representan valles fluviales sepultados, dichos depósitos se encuentran interestratificados con las coladas de la Sierra de Santa Catarina (Fig. 5)

La Sierra de Santa Catarina es vecina de dos volcanes más antiguos: La Estrella al occidente y el Pino al oriente. Vázquez y Jaimes (1989) los agrupan en lo que proponen como Formación el Pino y le atribuyen una edad entre 900,000 y 700,000 años.

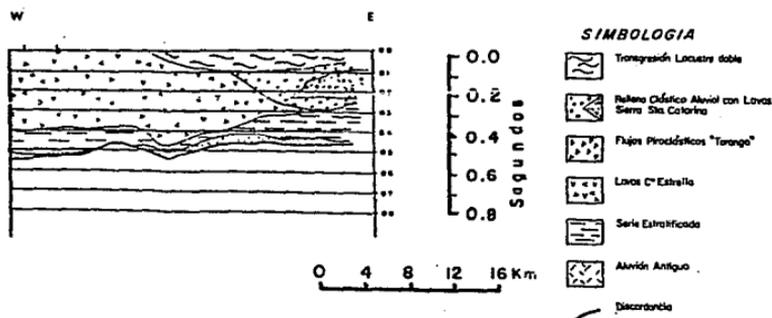


Fig.5. Línea sísmica (Mooser, 1989).

Una serie de pozos para extracción de agua alrededor de la Sierra de Santa Catarina permitieron a Vázquez y Jaimes (op. cit) proporcionar la siguiente

información: los depósitos lacustres se encuentran interdigitados con la Formación Chichináutzin y con depósitos aluviales, con edades de 4,800 a 46,000 años.

Las lavas y tefra que constituyen la Sierra de Santa Catarina se pueden considerar como una pequeña unidad del grupo Chichináutzin, como lo llamó C. Fries (1960) para referirse a "todas las corrientes lávicas, tobas, brechas y materiales clásicos interstratificados, depositados por agua, de composición andesítica o basáltica ...".

Por estudios posteriores, principalmente de Martín del Pozzo (1982), se le considera una formación geológica.

Estudios de Bryan (1984) en la Sierra de Santa Catarina le permitieron precisar lo que llamó Formación Becerra (de fines del Pleistoceno), cuyo límite superior se reconoce en capas delgadas de caliche que marca un cambio climático. A partir de esto, propuso para Santa Catarina una edad entre principios y fines del Pleistoceno tardío.

Estructura Geológica.

En lo que respecta a las condiciones tectónicas del área en estudio, De Cserna *et al.* (1988) mencionan dos fallas, una inferida por métodos gravimétricos, misma que controla al volcán Yuhualixqui y lo alinea con el Cerro de Chimalhuacán; sobre la otra, de orientación N 45°E se asientan los dos conos más orientales de la sierra y se extiende hacia Topilejo (Fig. 6). La orientación general N75°-80°E de los conos de la Sierra de Santa Catarina indica que éstos se formaron sobre una fractura de tensión que se desarrolló por una deformación rotacional producida por fallas orientadas NE-SW, de desplazamiento horizontal siniestro (op. cit)

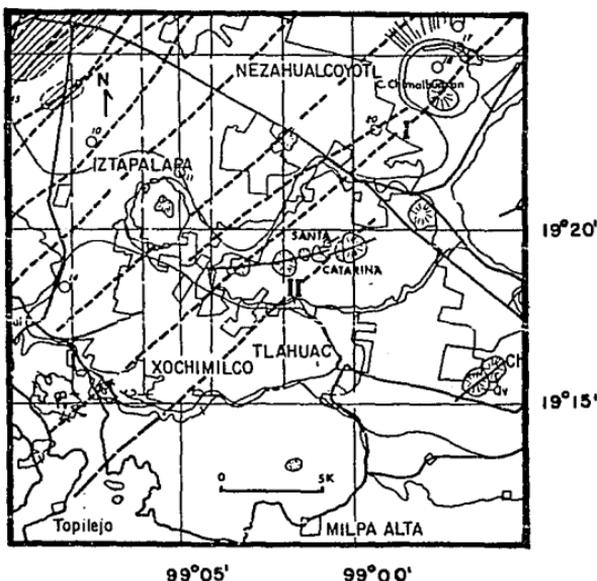


Fig. 6. Mapa geológico-tectónico de la Cuenca de México y regiones circundantes (Demant, 1987). Las fracturas inferidas para la Sierra de Santa Catarina se indican con línea punteada y con los núm. I y II.

Para Mooser (comunicación personal, 1991) la Sierra de Santa Catarina se encuentra fracturada por dos debilidades principales, la primera corresponde a los conos de tefra ubicados al norte de la sierra y que hoy se encuentran sepultados por las emanaciones de la segunda fractura que dio origen a la actual Sierra de Santa Catarina en su primera fase, en la que quedan comprendidos los conos Yuhualixqui, Xaltepec, Tetcón, Mazatepec y Guadalupe.

Esta aseveración está fundamentada en la interpretación de una línea sísmica transversal a la Sierra de Santa Catarina, donde estas dos fracturas principales se hacen notar. La más antigua se reconoce en la porción de los conos sepultados que se encuentran al norte de la sierra y la segunda bajo la misma (Fig.7 y 8).

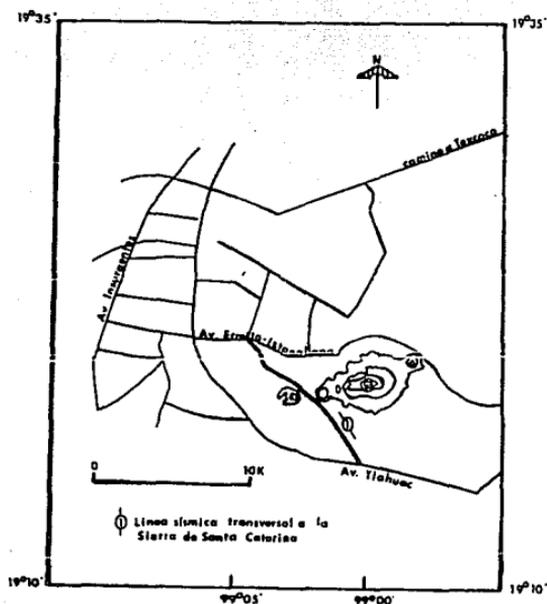
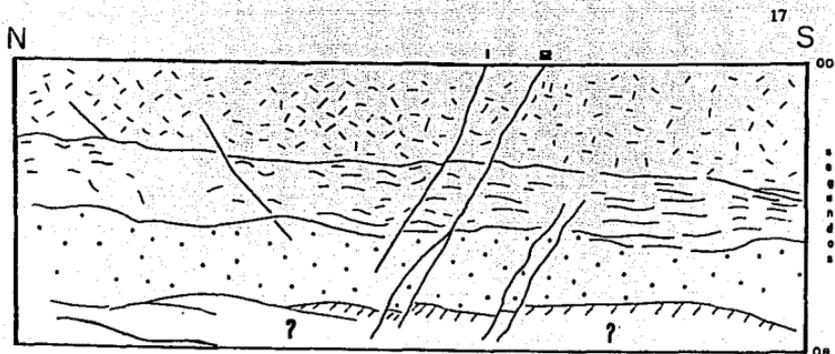


Fig. 7. Localización de la línea sísmica (trazo grueso).

La segunda fase eruptiva es consecuencia de una fractura secundaria que dio origen a las emanaciones de tipo andesítico que formaron los domos, los cuales provienen de una cámara magmática cercana a la superficie (Mooser, comunicación personal, 1991). Por otra parte, quizás el cambio de composición de basalto a andesita no sea resultado de una cámara magmática cercana a la superficie, sino de un decremento en el abasto de magma que generó procesos de diferenciación magmática.



- | | | |
|---|------------------------------------|--|
|  | Depósitos de relleno aluvial. | I Fractura formadora de los conos al norte de la Sierra de Santa Catarina. |
|  | Depósitos de capas estratificadas. | II Fractura que origina la Sierra de Santa Catarina. |
|  | Materia! antiguo. | ? Materia! no identificado. |

Fig. 8. Interpretación de línea sísmica.

Vulcanismo.

Los volcanes que integran la Sierra de Santa Catarina son de una sola etapa de actividad, monogénicos. El lapso de actividad de un aparato monogénico aún no se conoce con certeza, pero en el caso del Parícutín mantuvo una actividad de 1943 a 1953. Esto tiene como consecuencia que el área ocupada por el material volcánico eyectado de dichas estructuras, sea de reducida extensión.

Durante el periodo de actividad volcánica se arrojan varios tipos de materiales, los cuales generan diferentes formas del relieve. La morfología depende de factores como la naturaleza o composición del material eyectado, las condiciones tectónicas y el ambiente paleogeográfico.

Como primer factor se mencionará la naturaleza del material volcánico, mismo que Milanovsky (en Beluov, 1972) lo clasifica en:

a) Efusivo. Se origina por derramamiento y efusión de material fluido (lava), que posteriormente se enfría formando mantos o coladas.

El material efusivo son coladas de lava basáltica superpuestas que se encuentran alrededor de los conos de tefra, surgieron de la base de los conos a través de diferentes fracturas. En algunos casos se presentan coladas antiguas, éstas fueron cubiertas por material piroclástico de erupciones posteriores y sólo afloran en pequeñas localidades.

En conjunto, las coladas de lava ocupan gran extensión de la zona en estudio. Las lavas del Guadalupe se han clasificado como típicos basaltos en una pasta de plagioclasa y olivino (Waitz, 1910).

b) Explosivo. Se produce al ser arrojado al aire el material magmático pulverizado que se encuentra en estado gaseoso, líquido y sólido, junto con pedazos de rocas no volcánicas. Este material sale de un conducto central con intensa energía y de manera volátil. Gran parte de este material al caer se deposita alrededor del centro eruptivo (otros, los más ligeros y pequeños viajan impulsados por el viento a mayores distancias), formando así la estructura del cono de tefra, constituido por materiales de diferentes dimensiones, como cenizas, lapillis, escorias y bombas.

El material de tipo explosivo lo encontramos dispuesto, semejante a las rocas sedimentarias, en estratificación. En algunas zonas de la Sierra de Santa Catarina la depositación formó capas de cenizas que siguieron la morfología del relieve, adoptando formas onduladas en áreas de coladas de lava; en otras debido a que encontraban un terreno plano, adoptaron las capas una disposición horizontal.

El material explosivo que se dispuso cercano al foco de la emisión fue el que conformó y dio origen al cono de tefra característico, en el que las capas del material se disponen de manera inclinada adoptando una posición de 33° aproximadamente. Estos materiales consisten en *bombas, escorias, lapillis y cenizas*.

Las *bombas* son los fragmentos de mayor tamaño, adquieren una forma alargada con un diámetro mayor en el centro, son parecidas a un bolillo, como consecuencia de los giros en el aire cuando todavía se encuentra incandescente el

material; en la Sierra de Santa Catarina encontramos este material en la parte central del volcán Tetcón, donde alcanzan más de 1 m de diámetro. (Fig. 9).



Fig. 9. Material de bombas volcánicas que alcanzan más de un metro de diámetro.

Las *escorias* son fragmentos de magmas fluidos que caen todavía calientes cerca de la boca eruptiva, por ello aparecen débilmente soldados entre sí; contienen gran cantidad de gases que escapan dejando numerosas cavidades, razón por la que las escorias son materiales muy ligeros; presentan coloraciones negras a rojizas por la presencia de minerales ferromagnesianos. Es el material con mayor representación en los conos de tefra.

En la Sierra de Santa Catarina las escorias tienen diámetros promedio de 7 cm. En el Guadalupe se presentan intemperizadas, semejantes a depósitos de pómez.

Los *lapilli* son de forma circular con gran porosidad. No aparecen soldados, lo cual facilita su remoción; aparecen en capas estratificadas en las que predominan materiales con diámetros superiores a 5 mm, tienen coloraciones de negra a rojiza por los procesos de oxidación antes mencionados; los lapillis se adaptan a la forma sobre la que se deposita.

Las cenizas de menor tamaño, con diámetros menores a 0.25 mm, de color oscuro, es el material que se encuentra más ampliamente distribuido en la zona, porque no sólo forma parte de los conos volcánicos sino se dispone sobre toda la extensión de las coladas y aun a mayores distancias.

En los dos volcanes más occidentales de la sierra, las cenizas han tapado completamente las coladas de la lava, suavizando las formas anteriores del relieve y en algunos casos formando áreas llanas con muy poca inclinación, contrastando con la parte oriental donde las características morfológicas de las coladas presentan formas accidentadas y en algunos casos no tienen depósitos de cenizas, por ello, si se realizara un mapa de isopacas, los mayores espesores los encontraríamos en la parte occidental disminuyendo hacia el oriente.

c) **Extrusivo.** Es un proceso de ascenso de material volcánico de magma viscoso, que enfría en la superficie.

El material de tipo extrusivo también se presenta en la zona, constituyendo domos andesíticos, que en la mayoría de los casos son de dimensiones pequeñas, con excepción del Mamelón de Santiago o Tecuautzi, que es una de las prominencias de mayor altura de la zona en estudio. Se encuentra constituido por lavas andesíticas de color gris con cristales blancos de plagioclasa y de hiperstena (Waitz, 1910).

d) **Intrusivo.** Se produce por el ascenso de magma que no alcanza la superficie, enfriando cerca de ésta. Este material no se encuentra representado en la zona.

CAPITULO III

GEOMORFOLOGIA

La geomorfología se ocupa del estudio de las formas del relieve, lo que incluye sus características externas, su origen, evolución y los procesos que intervienen en su modelado.

Uno de los principales objetivos de los estudios geomorfológicos es la representación del relieve en un mapa. Esto se realiza en escalas muy diferentes: grandes, medianas y pequeñas, las cuales se aplican de acuerdo con la magnitud de la zona en estudio y con los objetivos del mismo.

La Sierra de Santa Catarina ocupa una pequeña extensión (47 km²), por ello fue posible trabajar en la realización del mapa geomorfológico en escala grande 1:10,000. Esto significa un mayor detalle de los rasgos del relieve y como consecuencia, un mejor análisis de la dinámica de las formas, importante en una zona donde ocurre un desorganizado y acelerado crecimiento de los asentamientos habitacionales.

De acuerdo con la morfología que presenta la Sierra de Santa Catarina y su entorno, se reconocen tres formas principales:

-Planicie lacustre. Es una superficie llana (Fig. 10) que rodea totalmente a la Sierra de Santa Catarina y es la base sobre la cual se levanta. Es considerablemente amplia, delimitada por la cota 2240 msnm.

-Volcanes y derrames de lava (Fig. 10). Los volcanes son estructuras pequeñas de no más de 300 m de altura, los cuales conservan una forma cónica y se levantan sobre los derrames de lava que salieron de la base del aparato volcánico (Fig. 10).

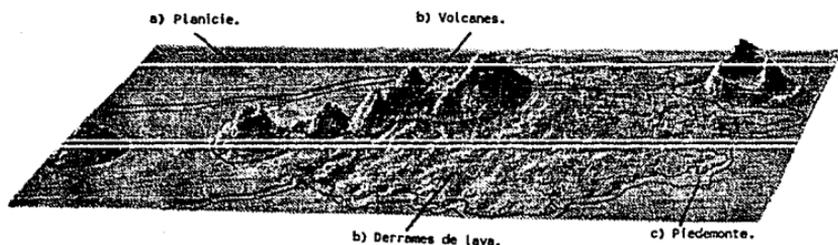


Fig.10. Esquema de la morfología en la Sierra de Santa Catarina.

-Piedemonte. Consiste en una planicie de leve inclinación, de aproximadamente 0.5° a 6° , situada entre la base de los volcanes y la planicie lacustre (Fig. 10). Ocupa una franja de poca anchura.

Este conjunto de formas del relieve es producto de diferentes procesos originados por fuerzas internas como el vulcanismo y el tectonismo, y por fuerzas externas representadas por el intemperismo, la erosión y la acumulación. Son procesos que actúan de manera opuesta; mientras que los primeros crean y construyen en la superficie terrestre, los otros persisten en nivelar y rebajar ese relieve.

Tomando en cuenta la intervención de las fuerzas internas y externas se clasifica al relieve en dos tipos: endógeno y exógeno.

Relieve Endógeno(volcánico)

Este relieve está constituido por las formas resultado de la actividad volcánica, misma que ha originado a la Sierra de Santa Catarina. Las formas principales del relieve son conos de tefra, domos y coladas de lava.

En el capítulo anterior se describieron 3 tipos de formas y procesos volcánicos: explosivo (conos de tefra) efusivo (lavas) y extrusivo (domos). Se mencionó que cada uno de ellos tiene una erupción diferente, dependiendo de la constitución física y química de los materiales arrojados.

Los procesos de tipo explosivo originaron conos de tefra. Ollier (1969) diferencia 5 tipos de conos (Fig. 11), tomando en cuenta la forma que presenta el cráter volcánico.

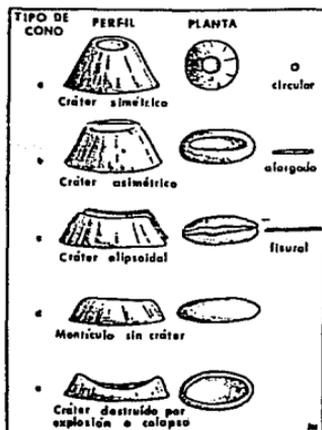


Fig. 11. Morfología de conos volcánicos.

De acuerdo con esta apreciación, la Sierra de Santa Catarina presenta conos volcánicos del tipo **a** (Fig. 11), los cuales mantienen características morfológicas homogéneas como son:

- Una estructura cónica casi perfecta (simétrica).
- Las laderas de los conos conservan una pendiente de 30° - 33° y están constituidas por materiales no consolidados, fácilmente removibles.
- A excepción de los volcanes Tetecón y Mazatepec que presentan un cráter destruido e incompleto, el resto lo mantiene bien conservado.
- Todos presentan diferencias altitudinales en los bordes superiores del cráter. El volcán Santa Catarina muestra las partes más bajas del borde, coincidiendo con la alineación E-W de la sierra.
- Los bordes de cráter (labios) se encuentran erosionados por lo que aparecen redondeados.
- Las laderas interiores de los conos volcánicos están suavizadas.
- El fondo del cráter se ha rellenado parcialmente formando una superficie más o menos plana y circular.

Los conos volcánicos presentan diferentes dimensiones, siendo el Santa Catarina el que alcanza un diámetro de base mayor, 1400 m, Xaltepec 1100 m, Yuhualixqui 650 m, Mazatepec 550 m y Tetecón 280 m.

Los volcanes de la sierra aumentan altitudinalmente hacia el oriente, donde el Santa Catarina o Guadalupe es el más alto, con 2740 msnm, y en el extremo occidental se encuentra el Yuhualixqui el más bajo, con una altura de 2420 msnm.

El material volcánico efusivo resulta de las emanaciones de lava, que originan diversas formas como laderas, mantos, coladas y lagos de lava, pero en la zona en estudio sólo se manifiesta por coladas, cuya morfología depende de la composición química y el medio sobre el cual se depositan.

En la Sierra de Santa Catarina el material efusivo constituye lavas basálticas, originalmente fluidas (básicas), sobrepuestas a manera de bloques. Las primeras efusiones que se produjeron se extendieron ampliamente, ya que encontraron una superficie plana y sin obstáculos; presentan un microrelieve liso en superficie y son de poco espesor.

Las coladas posteriores se desplazaron sobre superficies menos accesibles y sobre las partes más deprimidas, por lo que presentan una morfología en la que los frentes de lava son claros, tienen grietas de compresión y son de mayor espesor que las primeras. Este tipo de coladas se presentan en la base del volcán Mazatepec, de conos adventicios al occidente del Tetcón, del Santa Catarina y de los adventicios ubicados al oriente y noroccidente de este último.

Las coladas derramadas por el domo Tecuatzi formaron frentes marcados que escurrieron independientes, a pesar de encontrarse cercanos. Esto fue resultado de su composición. En estos espacios entre lavas, se formaron llanos que se encuentran cerrados, porque finalmente, las lavas al ser obstaculizadas, se unieron. Las paredes de lava que limitan los llanos alcanzan alturas de 40 m.

Por otra parte, el material volcánico extrusivo de la Sierra de Santa Catarina generó domos de tipo andesítico. La lava que los formó se encuentra dispuesta a manera de bloques, con pendientes muy bruscas; estos domos tienen una cima de forma convexa.

El Tecuatzin presenta una cima aguda de 2550 msnm y es el de mayor dimensión. Los pequeños domos que se encuentran dentro del volcán Mazatepec tienen cima redondeada.

Relieve exógeno.

En la formación del relieve exógeno intervienen diferentes fenómenos externos que generan los cambios que sufre la superficie terrestre, ellos son los procesos fluviales, glaciales, eólicos, gravitacionales, etc. Estos pueden crear formas erosivas (valles, barrancos, cárcavas, escarpes, circos de erosión, etc.), y acumulativas (mantos coluviales, deluviales, proluviales, planicies, morrenas, dunas, etc.).

El modelado del relieve es consecuencia de la interacción de varios factores, como son la litología, el clima, la vegetación y la intervención del hombre. El análisis de dichas relaciones es fundamental para entender las condiciones en las que se encuentra el área en estudio.

El modelado en el área lo realizan las corrientes fluviales y los procesos gravitacionales, pero debe aclararse que debido a su juventud, la Sierra de Santa Catarina presenta un pobre modelado exógeno, por lo que las formas se encuentran en un estado incipiente de desarrollo; sin embargo, el relieve se ve modificado de forma significativa por la interacción de los factores antes mencionados (litología, clima, vegetación y el hombre).

Cada uno de ellos tiene una participación significativa en la construcción y desarrollo de las formas del relieve, siendo el factor antrópico de especial importancia, debido a la influencia que ha ejercido para acelerar algunos procesos erosivos.

La intervención antrópica en la zona es impulsada por los beneficios económicos que genera la extracción del material de los conos de tefra (tezontle y arena), es por ello que se han creado numerosas canteras a cielo abierto, caminos, veredas para transportar el material, los cuales han modificado el aspecto original de la sierra, produciendo una fuerte dinámica gravitacional y fluvial, que no es propia de estructuras volcánicas jóvenes como las que constituyen a la Sierra de Santa Catarina.

La influencia del hombre es así, el punto de partida en el origen de las formas exógenas.

La litología es otro factor que influye en el desarrollo de las formas, frenando algunos procesos y acelerando otros. Un ejemplo de esto es la respuesta del factor litológico a la acción fluvial, ya que los conos de tefra y derrames de lava, actúan como verdaderas esponjas, donde gran parte del agua que precipita se infiltra, porque son materiales porosos y no consolidados, con numerosas cavidades por las cuales el agua se pierde e impide formar superficies de escurrimiento y barrancos. Lo mismo sucede en áreas de coladas lávicas donde sólo forma barrancos incipientes en el límite entre una colada más alta y otra más baja.

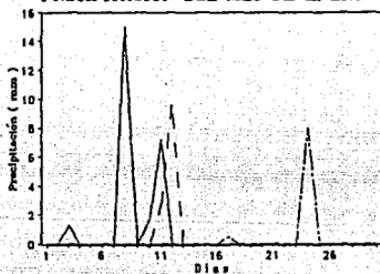
Las condiciones aceleradas de erosión se presentan en la zona cuando el material piroclástico se desliza por gravedad, debido a la falta de consolidación.

La dinámica acelerada de la Sierra de Santa Catarina se encuentra favorecida por el factor climático, que mantiene condiciones de baja humedad, con precipitaciones pluviales cercanas a los 600 mm anuales, las cuales se concentran en su mayor parte tan sólo en un periodo de 5 meses y el resto del año predominan condiciones de resequedad y desmoronamiento de los materiales; al parecer, esto implica que a la llegada de las primeras lluvias el material se desprende de forma sumamente fácil.

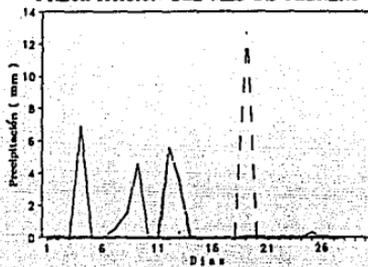
Según la información del Servicio Meteorológico de Chapingo, los valores máximos de precipitación alcanzaron hasta más de 65 mm el 4 de septiembre 1988. Pero en general, los valores máximos quedan en un rango de 20 a 30 mm de precipitación por día, durante el periodo húmedo, pero en estiaje la lluvia alcanza concentraciones de 15 a 20 mm.

La distribución de las lluvias en la Sierra de Santa Catarina no presenta uniformidad, sino por el contrario, son lluvias esporádicas.

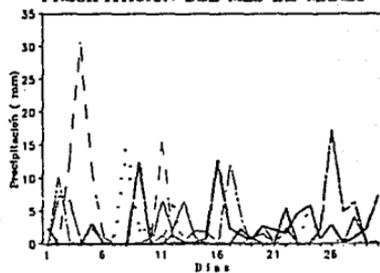
PRECIPITACION DEL MES DE ENERO



PRECIPITACION DEL MES DE FEBRERO

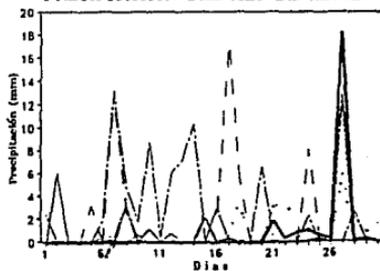


PRECIPITACION DEL MES DE MARZO

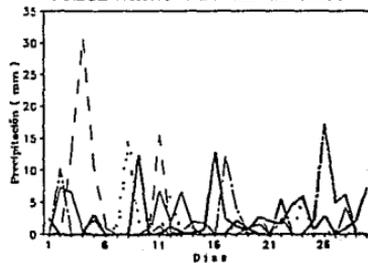


—	1984	- - -	1985	—	1986
- · - ·	1987	- - -	1988	- - -	1990

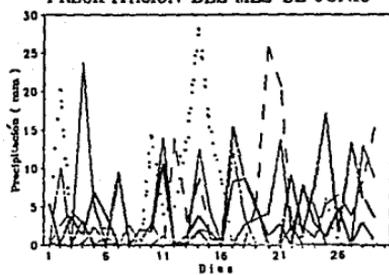
PRECIPITACION DEL MES DE ABRIL



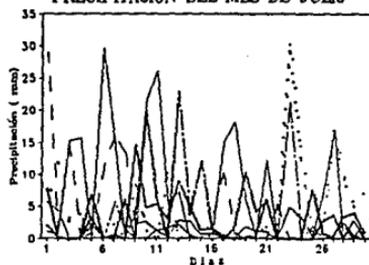
PRECIPITACION DEL MES DE MAYO



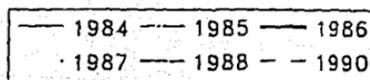
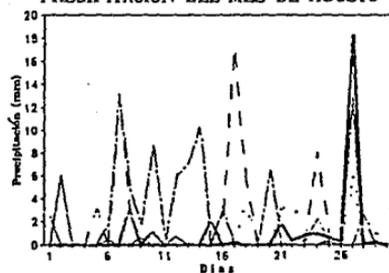
PRECIPITACION DEL MES DE JUNIO



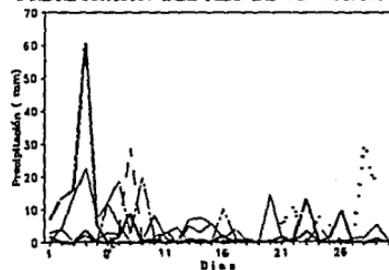
PRECIPITACION DEL MES DE JULIO



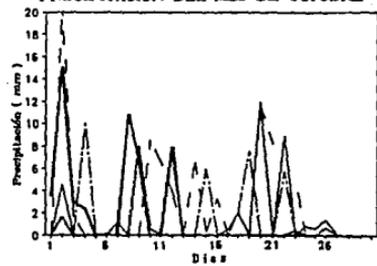
PRECIPITACION DEL MES DE AGOSTO



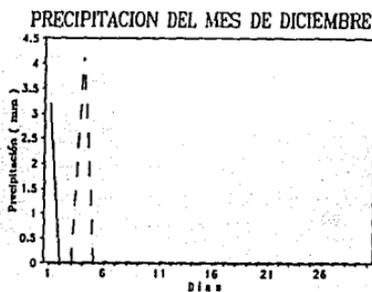
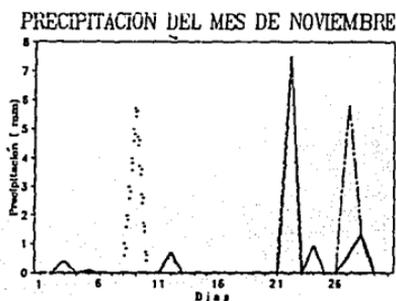
PRECIPITACION DEL MES DE SEPTIEMBRE



PRECIPITACION DEL MES DE OCTUBRE



En las gráficas se muestra la discontinuidad que presentan las precipitaciones en la zona de interés, irregularidad que se conserva aun en el periodo húmedo. Los picos en las gráficas significan un registro de precipitación que aparece solo en algunos días, mientras que la mayoría de los días del mes muestra una ausencia de precipitación, proceso que se efectúa aun en el periodo húmedo (junio, julio, agosto, septiembre, octubre).



En el periodo de estiaje (noviembre, diciembre, enero, febrero), las lluvias son aún más dispersas, de menor intensidad y presentan también el mismo régimen ocasional.

Los procesos fluviales ejercen influencia sobre las formas del relieve de la Sierra de Santa Catarina, pero debe señalarse que a pesar de la forma y distribución en la que se presentan las lluvias, el mayor modelado se produce en el periodo de estiaje, ya que los materiales pierden humedad y la consolidación se debilita. La resequead permite el fácil desmoronamiento y la caída en paquetes que en algunos casos alcanzan más de 1 m de retroceso.

Y por último, la vegetación juega un papel importante en la dinámica del relieve, ya que en la Sierra de Santa Catarina hay una marcada diferencia entre la época lluviosa y la de estiaje. En esta última la vegetación es escasa, presentada

principalmente por árboles y el suelo se encuentra desprotegido; en contraste, durante la temporada lluviosa se reconoce una vegetación abundante que cubre totalmente la superficie con pastos y vegetación rastrera, proyectando una cobertura vegetal de hasta un 100%, protegiendo de esta manera a la superficie de la erosión y creando una mejor consolidación de los materiales al penetrar las raíces de la plantas en el suelo.

La vegetación de pastos y vegetación rastrera crece en un período corto, protegiendo así casi durante todo el período de lluvias la superficie y frenando el desarrollo de formas erosivas.

Tipos de modelado.

La modificación que sufre la superficie terrestre es producto de diferentes fuentes de energía. En la Sierra de Santa Catarina intervienen los procesos fluviales, los gravitacionales y los antrópicos, los cuales generan formas propias.

En el modelado del relieve intervienen procesos erosivos y procesos acumulativos, estos últimos tienen íntima relación con los endógenos, ya que a todo efecto corresponde una reacción, en donde la pérdida y transporte del material implica una depositación del mismo en otro sitio.

Por lo general, la acumulación de los materiales se realiza en las partes inferiores de las formas erosivas, como son los conos de eyección de los barrancos, en la base de los escarpes y en la de circos erosivos.

a) Modelado Fluvial.

El modelado fluvial es producido por las aguas corrientes, las cuales arrancan, transportan y depositan los materiales de la superficie mediante procesos de arroyada laminar y procesos en surco, a los que también se les denomina lineales.

En la Sierra de Santa Catarina el transporte por arroyada no es relevante debido a la permeabilidad de los materiales (depósitos piroclásticos y coladas

lavicas), pero el arrastre en surcos o lineal, tiene mayor significado en las formas del relieve.

El transporte lineal crea los primeros elementos erosivos del modelado fluvial, representado por surcos de dimensiones reducidas, por ello se les llama **barrancos incipientes**. En algunos casos se deben a la intervención antrópica, que construye caminos en las laderas de los conos de tefra, generando así, los canales o conductos por los cuales se produce el modelado fluvial, también se presentan en laderas de forma cóncava en donde es fácil que se concentren los escurrimientos (porción occidental del volcán Guadalupe).

Estos barrancos presentan una cabecera ancha (Fig. 12) en forma de embudo, que se reduce aguas abajo. En algunos casos la profundidad rebasa los 4 m. A lo largo del perfil longitudinal del cauce fluvial, se presentan pequeños escarpes transversales al barranco, de aproximadamente 1.5 m.

La distribución de este tipo de barrancos se observa en las laderas exteriores de los volcanes Santa Catarina (Fig. 13) y Mazatepec, en este último se presenta en su ladera occidental.

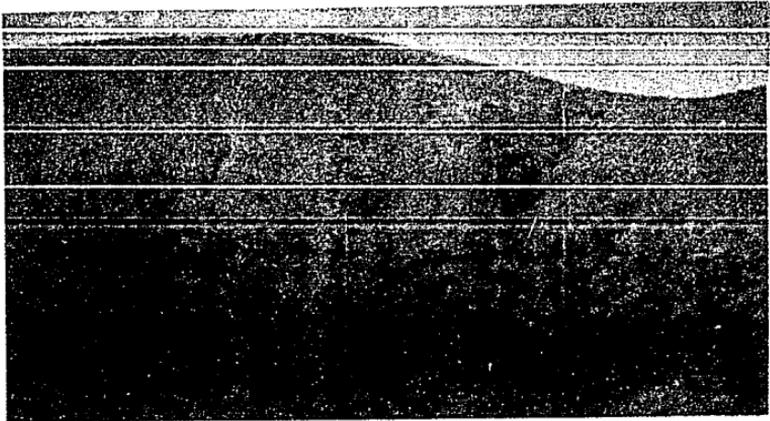


Fig.12. Barranco incipiente de la Sierra de Santa Catarina (núm. 2 en la Fig. 13)

Estos barrancos son muy dinámicos y por ello se consideró importante realizar mediciones para cuantificar la velocidad de avance de las cabeceras fluviales.

El resultado de este estudio fue de 25 cm y hasta más de 2.00 m por año. Las mediciones se efectuaron en el mes de octubre de 1990 (fin de las lluvias) y se repitieron en mayo de 1991 (estiaje). Sin embargo, el crecimiento de los barrancos incipientes es notable y los de las laderas exteriores resultaron los más activos (Fig. 13; estos barrancos aparecen con los números 4 al 8).

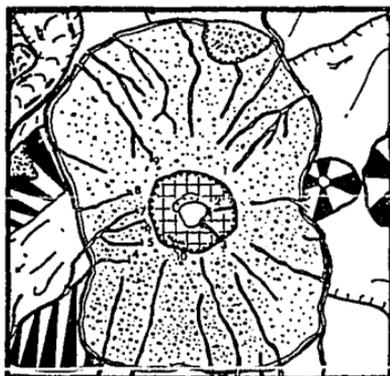


Fig. 13. Volcán Santa Catarina o Guadalupe, en donde se presentan barrancos incipientes en sus laderas y un escarpe erosivo en la porción noroccidental. En esta figura, los números representan las localidades donde se hicieron mediciones.

Los barrancos se presentan en una red radial centrífuga en las laderas exteriores de los volcanes (Fig. 13) y centrípeta en las interiores. Este es un drenaje propio de los conos volcánicos, para el caso de la Sierra de Santa Catarina predominan corrientes de primer orden. Los barrancos incipientes también se encuentran sobre material lávico, pero su desarrollo se debe a la adaptación de los escurrimientos en los límites entre coladas basálticas, una alta y otra baja, para formar un cauce fluvial. La más alta sirve de pared que almacena y conduce el fluido

ladera abajo. La longitud de los cauces fluviales es mayor en el área de las coladas que la que presentan los conos de tefra, su nivel más bajo alcanza la planicie lacustre.

Por último, se hará referencia al modelado fluvial en barrancos que se encuentran en material piroclástico depositado sobre coladas lávicas; el origen de estos barrancos también se ve influenciado por la intervención antrópica, ya que son áreas donde se extrajo material y que actualmente funcionan como barrancos.

La pendiente en estos lugares es suave, de 2° a 3° , lo que al parecer favorece una dinámica de erosión lineal acelerada. Este tipo de formas se encuentran al norte del volcán Tetecón y al sur del Xaltepec y Tetecón (Fig. 14). En este último lugar aparecen dos barrancos paralelos, uno de los cuales presenta un brazo secundario. Se realizaron mediciones en octubre 1989 y fueron repetidas a finales de junio 1990 (al inicio de las primeras lluvias). El primer barranco (Fig. 15) registró un avance de la cabecera de más de 3 m. Estos datos confirman lo antes mencionado sobre la fragilidad del terreno en periodo de secas y la considerable remoción de material que se produce. El segundo barranco (Fig. 16) avanzó 35 cm. El registro se continuó en noviembre 1990 y el avance de la cabecera fue de 20 cm.

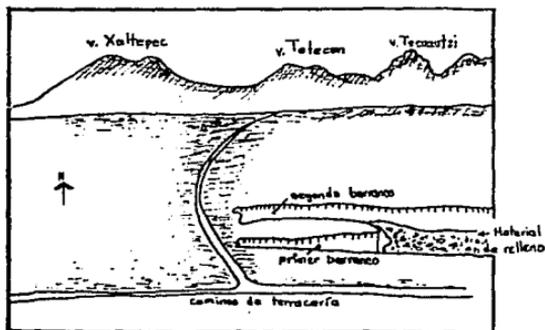


Fig. 14. Ubicación de los barrancos al sur de los volcanes Xaltepec y Tetecón.

Debe aclararse que del primer barranco no fue posible tener información en el periodo de lluvias porque el acelerado avance de la cabecera originó la destrucción de un camino de terracería (Fig. 17) y amenazó con expandirse a zonas agrícolas. Por esto se aplicaron medidas para detenerlo, colocando material en el borde de la cabecera y rellenando el fondo del mismo. Esto ha frenado su desarrollo pero en apariencia continúa el proceso de erosión, lo que se podrá establecer en el transcurso de un año.

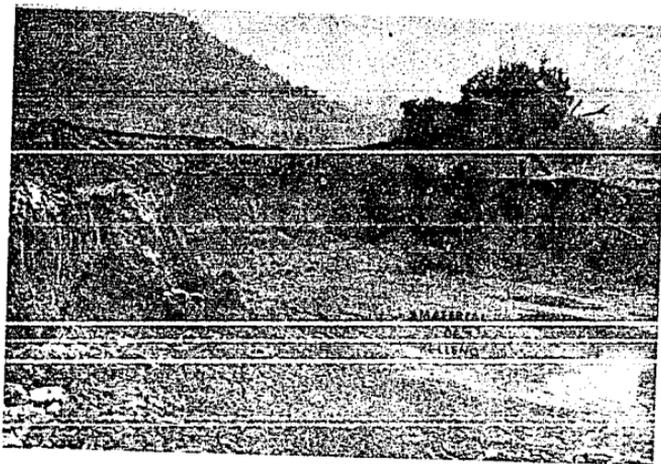


Fig. 15. Primer barranco de origen antrópico, visto después de ser rellenado.

El segundo barranco (Fig. 16) presenta un brazo secundario, cuya cabecera ha avanzado casi 30 cm de noviembre de 1990 a junio de 1991.

Entre los dos grandes barrancos se encuentra una superficie que los separa, la cual se ha visto reducida, de octubre de 1989 a junio de 1990 (estiaje) más de un metro; de junio a noviembre 1990 (lluvias) sólo 30 cm, de noviembre a junio de 1991 (estiaje) más de 2.00 m y finalmente de junio a marzo de 1992 (lluvias) 28 cm.

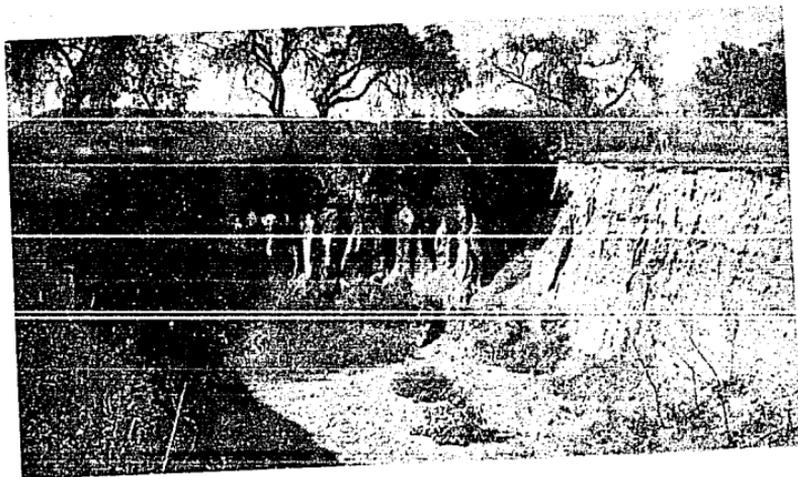


Fig. 16. Segundo barranco antrópico ubicado al norte y paralelo al primero, antes de ser rellenado (1992).

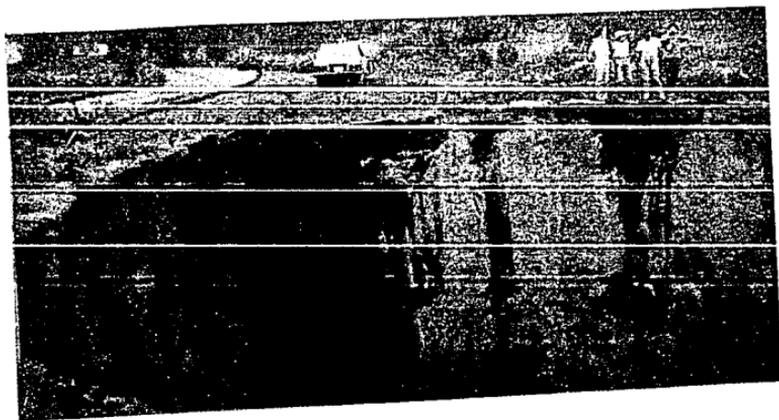


Fig. 17. La cabecera del primer barranco que amenaza con destruir el camino (antes de ser rellenado, 1991).

El material depositado por las corrientes fluviales en su desembocadura es llamado proluvi6n y constituye los abanicos proluviales; los sedimentos m1s grandes se depositan en el 1pice y los peque1os alejados de 1ste.

En la Sierra de Santa Catarina se presentan pequeños abanicos proluviales en la desembocadura de los barrancos incipientes, sobre las coladas de lava, en material piroclástico y sobre la planicie lacustre (ver mapa geomorfológico).

b) Modelado por Remoción en Masa.

Este modelado es resultado del movimiento del material que se precipita ladera abajo.

En la Sierra de Santa Catarina este tipo de modelado es importante y los elementos erosivos que lo constituyen son escarpes y circos.

En las laderas interiores del volcán Santa Catarina encontramos un escarpe (Fig. 13 y número 10) originado por el derrumbe del flanco suroccidental de dicho volcán. El escarpe retrocedió 50 cm en el transcurso de 7 meses, las mediciones se efectuaron en las mismas fechas que en los barrancos incipientes.

La modificación del relieve mediante procesos gravitacionales tiene íntima relación con la intervención antrópica, ya que el hombre al construir caminos sobre laderas de conos de tefra, origina taludes inestables, donde se desarrollan escarpes y circos gravitacionales (Fig. 18), los cuales son modelados posteriormente por la erosión.

Los circos tienen un aspecto cóncavo, parecido a un anfiteatro con laderas empinadas. La cabecera avanza en forma regresiva laderas arriba.

Se hicieron mediciones de un circo erosivo (Fig.18) en el volcán Yuhualixqui, el cual avanzó en un año 20 cm, de junio de 1990 a junio 1991.

El último elemento erosivo del modelado gravitacional lo constituyen los frentes de las coladas, que sufren desquebrajamiento y desplome, debido a su estructura, donde la lava en bloques presenta grietas, que son líneas de debilidad por las cuales se desprenden las rocas. Esto debe tomarse en cuenta porque gran parte de los asentamientos humanos se establecen en superficies lávicas, alcanzando a llegar

hasta los límites de las coladas, en donde se produce el desprendimiento de rocas, principalmente en la porción norte de las coladas del Santa catarina.

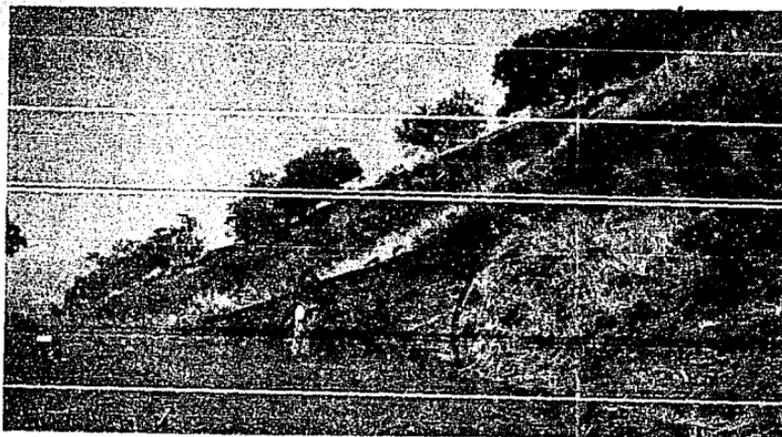


Fig. 18. Circo erosivo en el Volcán Yuhualixquí (línea interrumpida) y cono (abanico) detritico (con línea continua).

La erosión del relieve mediante procesos gravitacionales, genera al igual que el modelado fluvial, elementos de acumulación. Estas se localizan en las partes inferiores de los frentes lávicos, circos y escarpes erosivos, donde se derrumba y desliza el material, creando depósitos coluviales, que consisten en sedimentos de diferentes tamaños (material heterogéneo, mal clasificado). A veces adoptan formas de abanicos y en otras existe coalescencia de éstos dando lugar a taludes de detritos.

c) Modelado antrópico.

El modelado antrópico resulta de la modificación de las formas del relieve por la actividad humana misma que se presenta en la Sierra de Santa Catarina con intensidad.

La influencia antrópica en la zona en estudio es tan significativa, que a lo largo de todo el capítulo geomorfológico se ha considerado no solo para el modelado antrópico, sino también para el modelado fluvial y el de remoción en masa.

El modelado antrópico genera también formas erosivas y acumulativas, pero las primeras son predominantes, debido a la constante socavación y desalojo de material. Además, las formas acumulativas son temporales porque son removidas.

En la Sierra de Santa Catarina los conos de tefra son los elementos del relieve en donde el modelado antrópico es más notorio, ya que ahí se encuentra el material que genera beneficios económicos.

El primer elemento antrópico más sobresaliente son las canteras (Fig. 19), las cuales se encuentran en las partes inferiores de los conos de tefra. El material desalojado origina que el que se encuentra en la parte superior quede sin base, lo que produce un derrumbe y deslizamiento por gravedad; este proceso crea un escarpe en retroceso, y aunque no haya actividad extractiva, el material se derrumba, creando nuevamente laderas inestables.

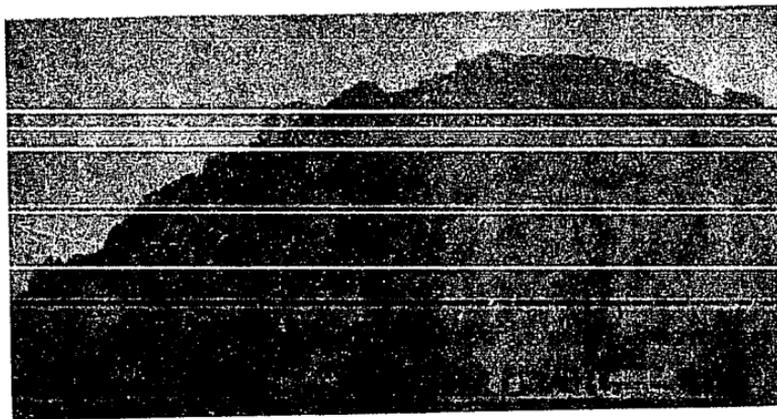


Fig. 19. Cantera ubicada en el volcán Yuhualixqui (1990).

La caída de los derrubios es considerable y continua, basta un ligero viento para dar movimiento al material que se encuentra en las partes altas.

Muchas veces los escarpes forman circos erosivos (Fig. 19), que se disponen en la parte superior y avanzan laderas arriba. Se forman por la extracción de material de las canteras o en las brechas (caminos).

Por lo general, los escarpes y circos presentan material acumulado en las partes inferiores, formando conos detríticos (Fig. 20).

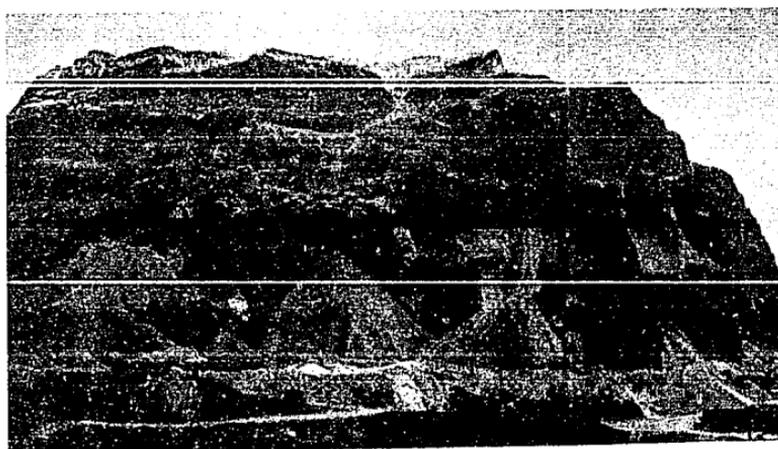


Fig. 20. Conos detríticos en el volcán Tepecón.

Otro elemento son los reducidos surcos antrópicos (Fig. 21), donde el ancho del mismo no presenta diferencias significativas. Por ello se dice que mantienen un ancho constante desde la parte alta hasta los límites inferiores, y su profundidad no alcanza los 2 m. Este tipo de barrancos, al igual que los anteriores, son modelados por procesos fluviales, pero se diferencian por que siguen funcionando como caminos.

Este tipo de barrancos se encuentra ampliamente representado en todas las laderas interiores y exteriores de los volcanes de la Sierra de Santa Catarina.

Se efectuaron mediciones en un surco antrópico (Fig. 21) que se localiza en la ladera norte del volcán Santa Catarina. Estas se realizaron en octubre de 1990 y repetidas en mayo de 1991. Se observó que la mayor pérdida de material se lleva a

cabo en las márgenes laterales del surco, alcanzando hasta más de 1.50 m de desgaste.

En la parte final e inferior del surco se forman conos de eyección, que son removidos porque se acumulan sobre caminos de terracería y los obstaculizan o son destruidos por personas.

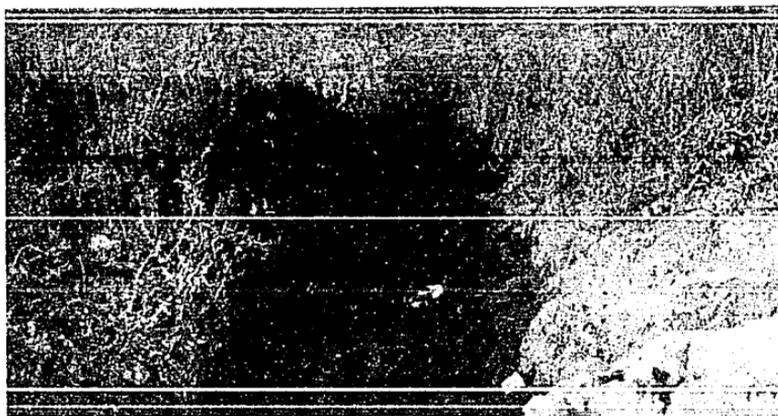


Fig. 21. Surco antrópico en el volcán Guadalupe, ver Fig. 13, núm 1.

La construcción de caminos de terracería como ya se ha mencionado, desestabiliza las laderas de los conos de tefra. Se observaron pérdidas de hasta 30 cm en las paredes de un camino en el volcán Yuhualixqui.

Lo anteriormente expuesto remarca que la intervención antrópica es fundamental en el desarrollo de las formas del relieve, el cual presenta una erosión acelerada; proceso de riesgo en una zona en donde los asentamientos humanos se desplazan rápidamente hacia áreas inadecuadas.

Evolución del Relieve.

Se considera que las primeras formas del relieve de la Sierra de Santa Catarina fueron conos de tefra, actualmente sepultados por materiales volcánicos posteriores, y se localizan al norte de la sierra, como bajo ésta.

En el volcán Xaltepec se encuentran vestigios de un cono sepultado, cuyos estratos se disponen en completa discordancia con los depósitos piroclásticos del Xaltepec que conservan un ángulo de 33° , mientras que los otros estratos piroclásticos son casi horizontales (Fig. 22).



Fig. 22. Discordancia entre los estratos del volcán Xaltepec y los que constituyen su base.

También en el Yuhualixqui, el volcán más occidental de la sierra, se encuentran discordancias del mismo tipo, además, ambos están atravesados por fallas de orientación NE 17° y NW 25° (Fig. 23).

El Yuhualixqui fue el primer volcán de la Sierra de Santa Catarina después de los conos sepultados, y virtió coladas de lava que apenas se observan (Fig. 26) se encuentran bajo gruesos depósitos piroclásticos, en los que las canteras han profundizado hasta aproximadamente 15 m y no han logrado llegar al sustrato

basáltico; estas coladas escurrieron predominantemente hacia el suroeste y también hacia el norte, pero con menor extensión.

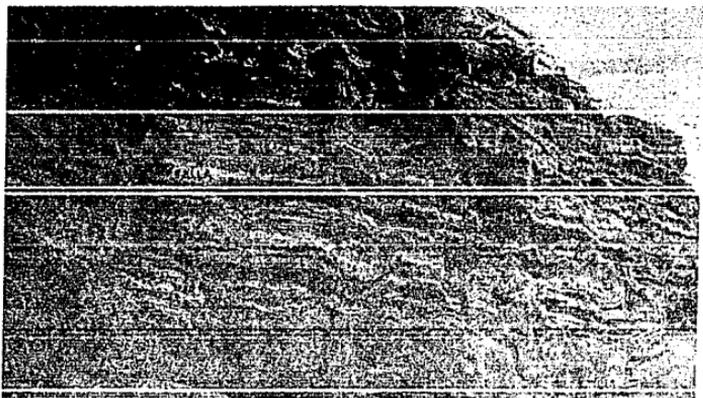


Fig. 23. Fallas ubicadas en la ladera suroriental del volcán Yuhualixquí.

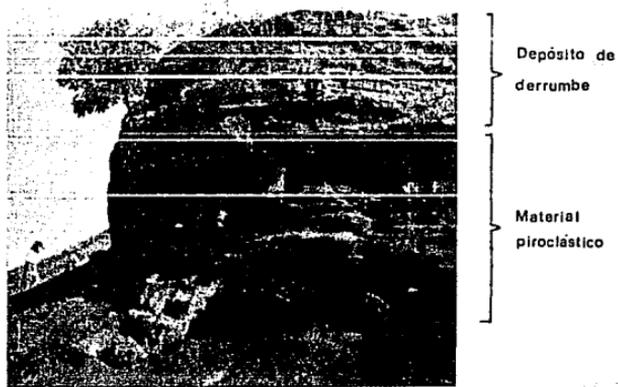


Fig. 24. Depósitos de derrumbe en el volcán Yuhualixquí.

En la ladera sureste del volcán encontramos depósitos tipo lahar o de derrumbe, que fueron posteriores a la formación piroclástica del cono (Fig. 24).

El volcán Xaltepec, el segundo de orientación oeste-este, es un cono escoriáceo, con coladas de lava en la misma dirección que el anterior, pero sobrepuestas a aquéllas, lo que nos permite reconocer que fue posterior al Yuhualixqui. Presenta también lahares al SW, de los cuales Bryan (1948) se refiere a ellos como capa Becerra, y coincide con Ordoñez (1895) quien menciona que son depósitos eólicos. Sin embargo, Waitz (1910) menciona que no pueden ser efecto de vientos del SE, porque los predominantes en la cuenca son opuestos a esta dirección, y los atribuye a derrumbes de las capas superficiales del cono.

En el borde del cráter, en la porción SE, se presentan dos capas de cenizas que sobreyacen a suelos delgados. Esto nos habla de erupciones posteriores que cubrieron a este volcán.

El tercer cono en aparecer fue el Tetecón, el único de la Sierra de Santa Catarina que tiene forma de herradura, abierto en el lado occidental, lo cual no fue producido por la erosión, ya que los dos conos anteriores conservan de manera casi perfecta su estructura. Posteriormente surgió justo en la ladera occidental un cono adventicio que provocó el derrumbe y destrucción de ese flanco del cono Tetecón; las cenizas del cono adventicio cubren la misma ladera derrumbada y sus lavas bien conservadas, rodean al Xaltepec por el norte y sur. Al norte del volcán Tetecón encontramos depósitos de cenizas que evidencian por lo menos dos periodos eruptivos, lo que se reconoce en dos pequeños paleocauces que erosionaron los primeros depósitos de cenizas; los depósitos posteriores se adaptaron a este relieve, estos últimos parecen corresponder a los materiales que arrojó el cono adventicio del Tetecón (Fig. 25).

Después, en la parte central de la sierra, se producen en un lapso pequeño varias efusiones volcánicas que hacen de esta zona la más compleja de la sierra.

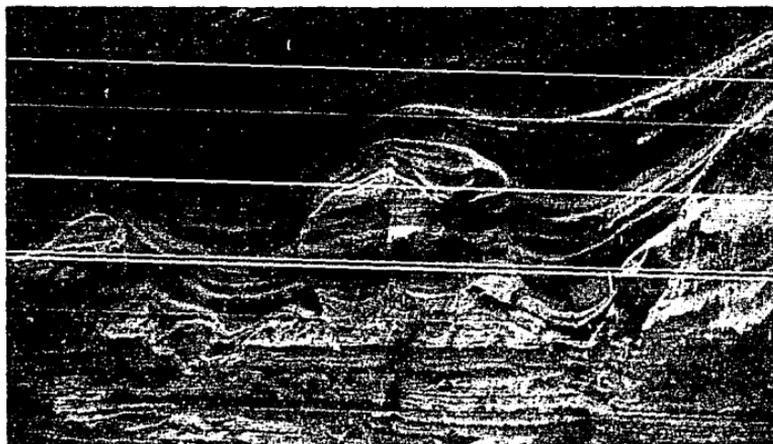


Fig. 25. Depósitos al norte de Tetcón, que representan por lo menos 2 periodos eruptivos.

Del lado oriental del Tetcón se localiza el Mazatepec, un cono cinerítico que al parecer tuvo dos periodos eruptivos: 1. Con coladas que salieron extendiéndose hacia el norte y 2. En el que las lavas rompieron el aparato volcánico y salieron al sur, bordeando al cono.

Al oriente de la Sierra se encuentra el más grande de los conos, el Santa Catarina o Guadalupe, que inició su formación sobre un antiguo cono anterior (ver mapa geomorfológico). Waitz (1910) habla sobre el derrumbamiento del mismo; los derrames se virtieron en las laderas del norte, oriente y sur del cono volcánico, bordeando a la caldera, anterior a la actividad del Guadalupe. Este tuvo dos volcanes adventicios en la ladera oriental, de los cuales emanaron lavas también hacia el oriente, formando escarpes muy pronunciados. Es importante señalar que las lavas del Santa Catarina o Guadalupe, sepultaron todos los pequeños conos que se encuentran al norte de este volcán y que seguramente pertenecen a una fractura más

antigua. Hasta aquí la evolución de la Sierra de Santa Catarina se produjo por emanaciones de tipo basáltico que parecen derivarse de una fractura principal.

Posteriormente surgió un magma andesítico proveniente de una fractura secundaria o producido por el decremento en el abasto del magma en la superficie. La construcción de las formas resultantes dio origen a los domos que se formaron en el fondo oriental del cráter del Mazatepec, terminando de destruirlo en esta porción. Los domos que surgieron se extendieron hacia el oriente y vertieron pequeñas coladas de lava hacia el sur.

Después, al norte de los domos se originó el domo Tecuautzi, de tipo mamelón, que derramó sus lavas al NW y NE del mismo. Finalmente, ambas corrientes se encontraron al chocar con un cono antiguo situado al norte de la Sierra. En general, el material extrusivo abarca tan sólo una pequeña porción de la sierra.

Como último proceso volcánico se formó en la ladera NW del Guadalupe un pequeño cono, que derramó una reducida colada con dirección norte.

La evolución eruptiva de la Sierra de Santa Catarina presenta una migración del foco de emisión del material volcánico efusivo y explosivo que comienza en la parte occidental con el volcán Yuhualixqui, sigue el Xaltepec, otros, y termina con el Santa Catarina o Guadalupe en el extremo oriental. Esta secuencia supone que la disposición de los conos volcánicos está controlada por una fisura principal conductora del magma, creando centros eruptivos errantes que migran al cicatrizar el anterior conducto de salida. Pero por otro lado, las estructuras más recientes, constituidas por materiales extrusivos no conservaron esta disposición, colocándose en la parte central de la Sierra de Santa Catarina.

Hasta aquí la evolución del relieve de la zona en estudio se ha explicado con base en rasgos estratigráficos, pero tomando en cuenta parámetros morfológicos de las lavas (Martin del Pozzo, 1980), el área de estudio puede ser dividida en 4 grupos, que de alguna manera confirman la cronología de los procesos eruptivos en cuestión.

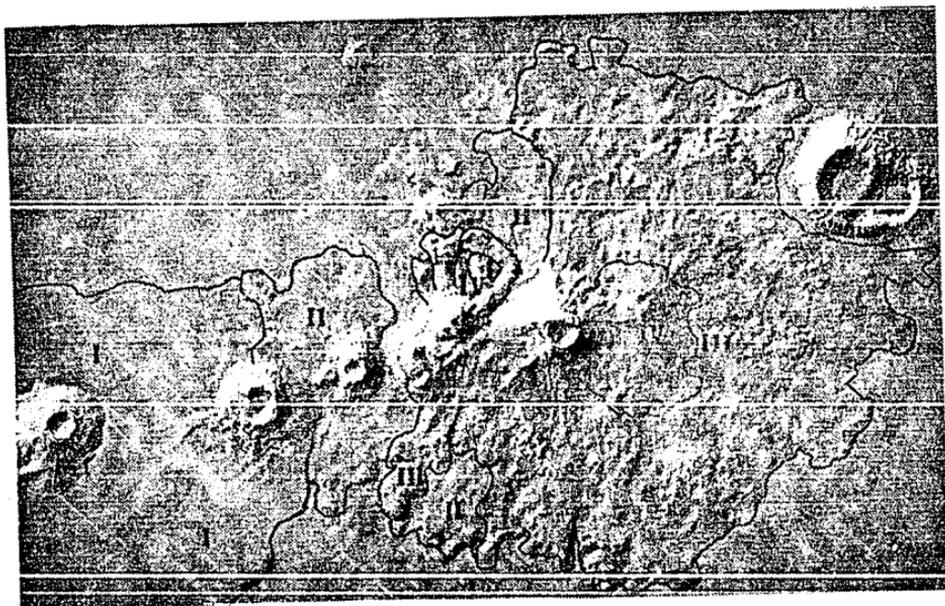
I Area occidental. En ésta se incluyen el volcán Yuhualixqui y el Xaltepec. Presentan las márgenes de sus derrames redondeados (Fig. 26) o en algunos casos totalmente sepultadas por depósitos piroclásticos, sobresaliendo tan sólo las crestas más altas de lava, sin estructura de flujo interno, gruesas capas de piroclastos, con cubierta de suelo totalmente cultivado.

II. Area del Tetecón. Corresponde a este volcán y cono adventicio al oeste, y a las lavas del cono sepultado bajo el Guadalupe; esta superficie tiene márgenes de derrames y crestas terminales marcadas (Fig. 26), superficies de derrame cubiertas con suelo, en buena parte cultivadas.

III. Area del Mazatepec y Guadalupe. Corresponden a este grupo las lavas del cono abierto del Mazatepec, las coladas del Guadalupe que se extienden al norte y oriente, donde ocupan mayor extensión, llegando hasta la caldera y por otra parte al sur; las márgenes de los derrames están muy marcadas (Fig. 26), se observan unidades de flujo con bordes definidos, con cubierta de suelos incipientes sobre todo al oriente del Guadalupe, donde están poco cultivados.

IV. Area de domos. Esta representa los procesos más recientes: domos dentro del Mazatepec, el domo Tecuautzi, el derrame del cono al NW del volcán Guadalupe y las coladas de los conos adventicios de este último, en los que no se encuentra suelo ni material de cenizas sobre ellos; se encuentran las estructuras de flujo perfectamente preservadas, las márgenes de los derrames con escarpes exageradamente marcados (Fig. 26), sin cultivos.

Esta breve reseña de la actividad volcánica formadora de la Sierra de Santa Catarina, nos permite entender la secuencia evolutiva, pero hasta la fecha no conocemos la edad de alguno de los volcanes.



- I. Area occidental
- II. Area del Tetcón.
- III. Area del Mazatepec y Guadalupe.
- IV. Area de domos.



Fig. 26. Clasificación de coladas lavicas en función de su morfología.

Se ha estimado una edad para la Sierra de Santa Catarina con base en parámetros morfológicos y edafológicos.

En 1948 Kirk Bryan intentó establecer una edad por medio de una correlación de paleosuelos, determinando condiciones ambientales que prevalecieron en diferentes etapas del Cuaternario.

Para Bryan hace 10,000 años se produjeron procesos acumulativos que originaron abanicos, depósitos eólicos y lacustres (de color café) que denominó Formación Becerra, erosionada en todas partes. El autor, con base en este parámetro, indica que el cono Xaltepec de la Sierra de Santa Catarina, presenta la capa Becerra, pero parece más apropiado que corresponda a depósitos de lahar, producto de la erupción volcánica y no a depósitos de abanicos aluviales.

Arellano (1953) menciona que la zona en estudio es posterior a los eventos eruptivos de los cerros Tepeyac-Gachupines-Guerrero-Santa Isabel y coincide con Bryan.

Schlaepfer (1968) ubica a la Sierra en un grupo al que llama rocas pliocénicas y cuaternarias.

Lugo Hubp (1985) dice que la morfología del Xaltepec (Fig. 27) es de una extraordinaria juventud y que es posible que su edad sea del Holoceno (últimos 10,000).

Por otra parte, Mooser (1975) asocia estos procesos contemporáneos con los de la Sierra Chichináutzin y la Riódacita Popocatépetl, pero de centros eruptivos distintos.

Por lo antes citado, la Sierra de Santa Catarina es resultado de uno de los procesos volcánicos más recientes en la formación de la Cuenca de México, tal vez solamente anterior a la Sierra Chichináutzin.

La Sierra de Santa Catarina presentó diferentes periodos de actividad en pequeños lapsos, lo cual es similar con el desarrollo que ha tenido toda la Cuenca de México.

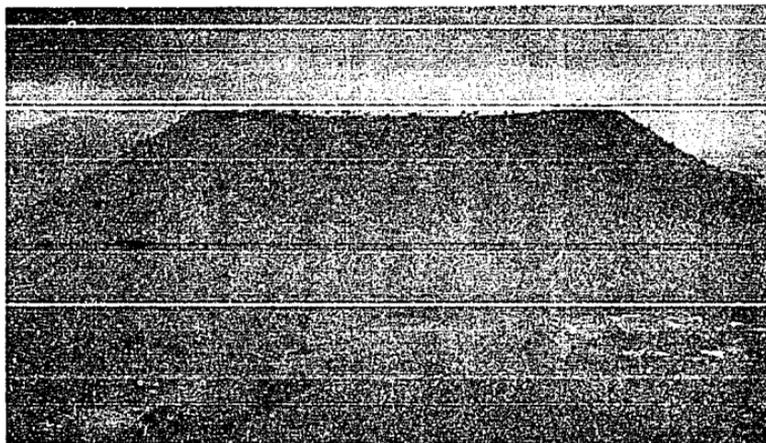


Fig. 27. Volcán Xaltepec visto desde el oriente.

En la evolución geológica de la Cuenca de México, los procesos volcánicos son los primordiales que originaron su relieve, además, por los numerosos cambios y transformaciones que ha sufrido en un lapso relativamente corto, es un motivo importante para que se estudien ampliamente los mecanismos por los cuales se llevan a cabo las manifestaciones volcánicas, ya que un nuevo evento en la cuenca no sería extraño.

LEYENDA DEL MAPA GEOMORFOLOGICO

Relieve endógeno:

1. Cono de tefra.
2. Cono de tefra en forma de herradura.
3. Cono de tefra roto.
4. Cono adventicio con cráter definido.
5. Cono adventicio sin cráter definido.
6. Cono de tefra resultado de una fractura distinta a la de Santa Catarina.
7. Cono sepultado.
8. Cráter volcánico.
9. Fondo de cráter.
10. Ladera interior.
11. Domo.
12. Cima cómica aguda.

Relieve exógeno:

A. Erosivo .

21. Barranco incipiente sobre material de tefra.
22. Barranco incipiente sobre material lávico.
23. Escarpe.
24. Material potencialmente derrumbable.

Relieve antrópico.

30. Circo de erosión.
31. Surco antrópico.
32. Caída de material por deslizamiento.
33. Escarpe.
34. Límite de cono de tefra destruido por la extracción de material.
35. Cráter destruido por la extracción.
36. Fondo de cráter destruido por la extracción.
37. Depresión producto de la extracción.

13. Cima cómica redondeada.
14. Coladas de lava con márgenes redondeados y sepultadas por gruesos depósitos piroclásticos.
15. Colada de lava con márgenes y crestas marcadas.
16. Coladas con márgenes y crestas muy marcadas, se observan unidades de flujo definido.
17. Coladas de lava con márgenes y crestas perfectamente preservados y sumamente marcados, no presentan cenizas.
18. Contacto entre coladas de lava.
19. Dirección del derrame lávico.
20. Material de derrumbe, tipo lahar.

B. Acumulativo.

25. Cono de eyección.
26. Manto .
27. Llano volcánico.
28. Piedemonte.
29. Planicie lacustre.

CAPITULO IV

EL USO DEL SUELO

Se llama uso del suelo a la utilidad que el hombre le asigna a la capa superficial de la corteza terrestre. Dicha utilización cambia a través del tiempo y es consecuencia directa del desarrollo y de la capacidad de la sociedad para modificar el medio natural.

A través del tiempo, el hombre siempre ha tenido una interacción con el medio que lo rodea, en un principio dependía totalmente de las fuerzas y los fenómenos de la naturaleza, pero posteriormente los conoció y ahora los utiliza y aprovecha para su beneficio.

Actualmente, debido al desarrollo tecnológico que ha alcanzado la humanidad, el uso del suelo debe ser resultado de un estudio profundo, en el cual se analicen las características físico-ambientales y las condiciones socio-económicas que prevalecen en el área utilizable, con el fin de realizar un mejor manejo de los recursos naturales, pero al mismo tiempo, conservando el entorno natural del paisaje.

Pero en la realidad no es así y menos aún en las grandes áreas urbanas, donde los factores económicos son los que determinan y ejercen mayor influencia sobre la asignación del uso del suelo, pasando los factores ambientales a un plano secundario.

La Sierra de Santa Catarina no queda aislada dentro de este contexto, donde el uso urbano es predominante, el que se desarrolla aún en áreas consideradas como reserva ecológica. En el presente capítulo se pretende analizar brevemente las modificaciones que ha sufrido el uso del suelo, tomando en cuenta algunos parámetros económicos.

Entre los factores económicos que determinan el aprovechamiento del suelo, Butler (1986) menciona dos parámetros fundamentales: la ubicación y el rendimiento o capacidad del recurso para generar ganancias.

La ubicación es un parámetro indispensable en la utilización del suelo, porque implica la distancia, o en forma más precisa, los costos de transporte. Es por ello que constantemente se abusa de este parámetro espacial, ya que resulta atractivo reducir los gastos de traslado de personas, productos e información y así generar mejores ganancias, sin importar que el uso de la tierra sea el más adecuado; un ejemplo se tiene en la Ciudad de México, donde se han establecido enormes superficies de asfalto, las cuales cubren a los suelos derivados de productos volcánicos y sedimentos lacustres ricos para las actividades agrícolas y que actualmente son inutilizables.

La capacidad del recurso que también es conocida como factor ambiental porque contempla las características naturales del suelo para su uso. Esto genera un mayor rendimiento de la producción; un ejemplo se observa en el uso agrícola en suelos de alto contenido nutricional y de manera opuesta, los suelos menos dotados tendrán un uso diferente. Pero la desventaja de este factor es que coloca al recurso como una fuente desmedida y permanente de riqueza y ganancias, acarreado por ello una sobreexplotación del recurso, dejándolo deteriorado.

Pero el uso del suelo de la Cuenca de México, no siempre ha sido motivado solamente por factores económicos, también se han establecido poblaciones que lograron un alto desarrollo cultural, sin menospreciar el medio natural que los rodeaba.

La historia de la ciudad de México se remonta a tiempos prehispánicos cuando la colonización indígena se estableció en las márgenes de la altiplanicie lacustre, donde el peligro de inundación no los amenazaba. Los asentamientos prehispánicos preferían el sur y oeste de la cuenca porque ahí se mantienen condiciones de mayor precipitación, por ello, las actividades agrícolas presentan mejor desarrollo. En esta

zona se estableció la ciudad de Cuiculco, 300 años a.C., la que fue posteriormente destruida por la erupción del volcán Xitle. Entre los años 100 a.C. y 100 d.C. se erigió la capital teotihuacana en la parte noreste, la cual se expandió en pequeños poblados hacia el oriente, a la zona de Texcoco; no obstante constituir una área seca, la ubicación del desarrollo de Teotihuacan fue determinado por los yacimientos de obsidiana que se traían de Otumba, los cuales constituían un importante valor comercial en esa época (Niederberger 1979, 1987).

Posteriormente siguió el establecimiento azteca en las pequeñas islas que se encontraban en el lago; es trascendental mencionar que las actividades y el desarrollo de la cultura mexicana se adaptaron a las condiciones que el medio natural les ofrecía. Es por ello que construyeron el sistema de chinampas donde cosechaban los diferentes cultivos que consumían, fomentando la producción de peces, ajolotes, ranas y aves acuáticas, ya que estos se reproducían idealmente en el lago e hicieron de ellos los alimentos fundamentales en su dieta diaria.

La transportación azteca dependía de la utilización de chalupas y trajineras que circulaban a través de los canales, por eso era indispensable mantener en buenas condiciones las áreas boscosas que circundaban a la planicie lacustre, porque proporcionaban humedad a los lagos, permitiendo su permanencia a lo largo del año; el desarrollo económico y cultural de la civilización azteca se fundó en actividades que mantenían una gran armonía con el medio natural, conservándolo y aprovechando lo que éste les brindaba.

"Las realizaciones materiales tuvieron como esencial objetivo el aprovechamiento del agua y el control de los lagos, pero no a costa de su existencia.....Las relaciones de los cronistas españoles, indígenas y mestizos nos permiten constatar este hecho, ya que a través de ellas podemos imaginar un paisaje ya desaparecido, pero que indudablemente existió: los lagos como sustento de

muchas poblaciones limpias y organizadas, rodeadas de pastos y de montañas arboladas" (García y Romero, 1978).

Pero a la llegada española, el desarrollo que había alcanzado la metrópoli azteca, fue destruido y reemplazado profundamente por actividades y costumbres del invasor europeo que como mencionó Sala Catalá (1986) " ...era claro que la nueva traza que querían imponer los españoles a la ciudad era incompatible con la naturaleza lacustre del valle". Pero aquí, el uso del suelo en gran medida dependió de las tradiciones del invasor, que sin analizar el armonioso desarrollo azteca, irracionalmente construyó su ciudad.

Y así es cómo los antiguos lagos de la cuenca, a partir de la llegada española fueron secados y las áreas boscosas aledañas fueron explotadas de manera desmesurada, dando paso a la ganadería y la agricultura.

Desde entonces y a lo largo de la historia de la ciudad, se han sumado nuevas modificaciones que han originado una mayor problemática para la misma, y donde la política centralista del Estado, favorece y alienta la concentración de actividades económicas y políticas.

La concentración de actividades acarrea una alta tasa de crecimiento poblacional, que aunada a la fuerte desigualdad económica, crea fuertes problemas de desempleo, de vivienda y de servicios público, requerimientos que influyen en la "organización" y utilización del suelo.

El elevado crecimiento poblacional es resultado de la fuerte inmigración procedente de los estados de la República Mexicana, donde las condiciones de vida son aún más precarias. Según Calderón y Hernández (1987) la inmigración alcanzó en el período de 1970-1980 la cantidad de 3,248,000 habitantes, los cuales se establecieron definitivamente en la ciudad de México; si tal cifra se tomara en cuenta para corregir los cálculos de las tasas de crecimiento de la población urbana, tan sólo se obtendría el 1.8% del crecimiento. Esto representa un valor muy bajo con respecto

a la media nacional que fue de 3.0%; por ello se concluye que son los inmigrantes los causantes de un aumento considerable en la población de la ciudad. Además, debe añadirse que la gran mayoría se encuentra en edad reproductiva (Ezcurra, 1990).

En nuestro país existen diferentes corporaciones gubernamentales que se encargan de recopilar la información de la población en forma censal. Los resultados de estas encuestas producen una visión amplia sobre la calidad de vida en diferentes puntos de la ciudad de México, lo cual servirá de apoyo para entender porqué el suelo sufre determinado uso.

La información censal corresponde a cada una de las delegaciones que conforman el Distrito Federal. En donde la zona en estudio queda ubicada al norte en la Delegación Iztapalapa y al sur en Tláhuac.

El crecimiento de la población entre ambas delegaciones ha sido diferente; en Tláhuac presenta un crecimiento más bajo en comparación con Iztapalapa, misma que registró el mayor crecimiento en todo el Distrito Federal, aumentando hasta casi 16 veces entre 1950 y 1980 (X Censo de Población, México, 1980).

El aumento poblacional responde al impulso industrial que se llevó a cabo en la década de los años 60, lo que acrecentó la inmigración de la población del interior del país a la ciudad. Es por ello que se consideró importante presentar datos de la industria.

Los datos estadísticos del sector industrial para ambas delegaciones (Iztapalapa y Tláhuac) también muestran diferencias significativas. Aunque cabe aclarar que sus índices no tienen gran importancia industrial en comparación con otras zonas del D.F.

En los años 60 la delegación Iztapalapa presentó 574 establecimientos industriales, donde laboraban 7,491 personas, mientras que para la delegación Tláhuac es de 40 establecimientos y 90 trabajadores. Posteriormente, en la década de los años 80, el monto asciende a 2,810 establecimientos y 57,627 trabajadores para la

delegación Iztapalapa y para la delegación Tláhuac sólo es de 223 establecimientos y 4,410 trabajadores.

Es por ello que la delegación Iztapalapa al presentar una mayor tasa de crecimiento poblacional e industrial con respecto a la delegación Tláhuac, acarrea consigo que el área urbana de su jurisdicción evolucione más rápidamente.

Esta diferencia de los valores estadísticos entre ambas delegaciones es fundamental, porque los requerimientos de utilización del suelo serán también distintos. Esta necesidad se traduce en una mayor demanda de viviendas o simplemente, de lotes baldíos donde puedan establecerse.

La gente inmigrante es empleada por lo general, en centros de trabajo donde los salarios son bajos y el poder adquisitivo es mínimo, los inmigrantes se establecen en zonas ilegales, donde la posesión del suelo no ha seguido una estancia legal, ocupando terrenos de propiedad comunal o del Estado.

Estas zonas carecen de cualquier tipo de servicio público y muchas veces se encuentran en condiciones inadecuadas para la urbanización. Según información del Atlas de la Ciudad de México, los servicios de agua potable, drenaje y alumbrado son deficientes en ambas delegaciones.

Las condiciones económicamente precarias que presentan tanto la delegación Iztapalapa, como la de Tláhuac, repercute necesariamente sobre el área que constituye la Sierra de Santa Catarina, la cual es límite entre las dos, y debido a la corta distancia con la ciudad de México, se ve afectada por el crecimiento anárquico que se lleva a cabo en las áreas adyacentes a los centros urbanos.

Aunque cabe aclarar que los cambios que sufrió la zona en estudio han sido de una manera singular, resultado de la ubicación geográfica que presenta, ya que la Sierra de Santa Catarina aparece a manera de isla, que interrumpe la monotonía de la planicie lacustre y constituye un obstáculo para el crecimiento de la Ciudad de

México. Es por ello que durante un lapso considerable, la zona en estudio no formó parte de las actividades citadinas, porque el desarrollo urbano giraba a su alrededor.

En el presente trabajo se establece una cronología evolutiva de la utilización del suelo en la Sierra de Santa Catarina, para lo cual se recurrió a la información aparecida en diferentes cartas: 1. De la Secretaría de la Defensa Nacional en 1950; 2. De DETENAL de 1970 y 3. Del DDF de 1985. Todo lo anterior para conocer las modificaciones que ha sufrido el uso de la tierra en el área de interés, los usos que predominan actualmente, la superficie que ocupan y hacia donde se desplazan dichos cambios.

Esta información contempla un área de 162.2 km², que incluye en su totalidad a la Sierra de Santa Catarina y una porción al norte y al sur de la misma.

El mapa del uso del suelo para 1950 (Fig. 28) presentó extensas áreas donde predominaba un uso agrícola, la cual constituye 86.67 km² o sea un 53.4%. Su localización predominantemente era al sur de la Sierra de Santa Catarina, además, la porción occidental de la misma; dicho uso agrícola es adecuado, porque se localiza la planicie lacustre, con suelos fértiles en pendientes de menos de 0.50, lo cual favorece la introducción de maquinaria agrícola en ese lugar y la porción occidental de la sierra es en donde se encuentran los espesores más fuertes de cenizas, las que han originado suelos ricos.

El segundo lugar lo ocupan las áreas naturales con 71.7 km² de extensión. En este tipo de uso se encontraba toda el área de la Sierra de Santa Catarina (con excepción de las zonas agrícolas occidentales), también incluían el Cerro de la Estrella e importantes porciones al norte. El uso del suelo de áreas naturales era predominante en la porción que corresponde a la delegación Iztapalapa.

El área urbana durante este periodo ocupaba el tercer lugar, pero su extensión era reducida con relación a las anteriores, ya que abarcaba tan sólo 2.9 km² del área. Estas poblaciones constituían núcleos dispersos y puntuales, los cuales mantenían

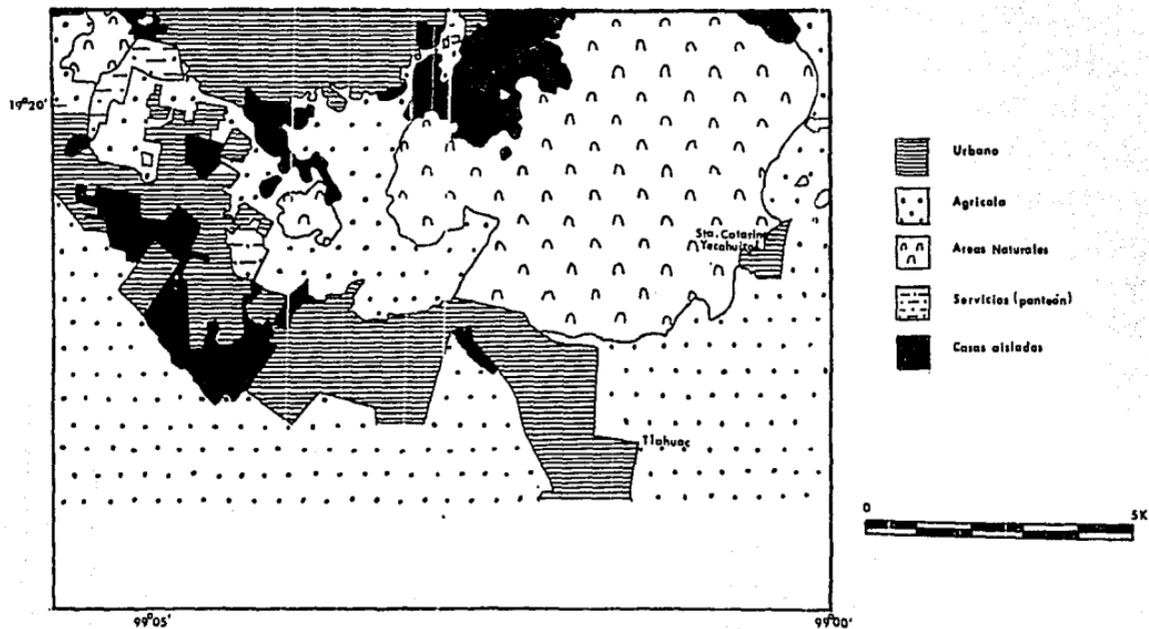


Fig. 29. Uso del suelo en la Sierra de Santa Catarina en 1970

costumbres rurales en comparación con la ciudad. El poblado más cercano a la ciudad se encontraba a más de 15 km. de ella.

Los poblados localizados al norte de la sierra sumaban un número mayor con respecto a los poblados del sur de la misma. Los primeros pertenecen a la delegación Iztapalapa y los del sur quedan incluidos en la delegación Tláhuac. Estos poblados se disponían en el piedemonte de la Sierra de Santa Catarina.

El área que correspondía a las casas aisladas constituían un área insignificante (0.85 km²)

Durante este periodo los conos volcánicos de la Sierra de Santa Catarina se encontraban completos, es decir, no se había establecido aún ninguna cantera.

Así es como el mapa de uso del suelo para 1950, muestra dos grandes unidades en el uso del suelo: 1, el destinado a las zonas agrícolas, desarrollándose sobre la planicie lacustre y 2, el que cubría las áreas naturales, casi la totalidad de la superficie de las coladas lávicas y de los edificios volcánicos.

Los cambios que presenta el suelo en la década de los años setenta fueron drásticos (Fig. 29), pues son consecuencia de la creciente industrialización que vivió nuestro país durante ese periodo, y la mayor inmigración a la ciudad de México.

El área urbana aumentó más de 17 veces, alcanzando 49.8 km² que modificaban en gran medida las áreas de cultivo y naturales por asentamientos humanos que se extendían a todo lo largo de las vías de acceso; al norte por la vía Ermita-Iztapalapa y al sur por la México-Tulyehualco.

Las casas aisladas también aumentaron considerablemente, 15 veces más de lo que existía en los años cincuenta. Este tipo de uso del suelo se localizaba adyacente a las áreas urbanas y a mayor distancia de las principales vías de acceso. Debe aclararse que la delimitación de esta zona no es muy precisa, ya que por constituir elementos dispersos, existen otros usos dentro de la misma área. Es por ello que el valor de este tipo de uso presenta un margen de error.

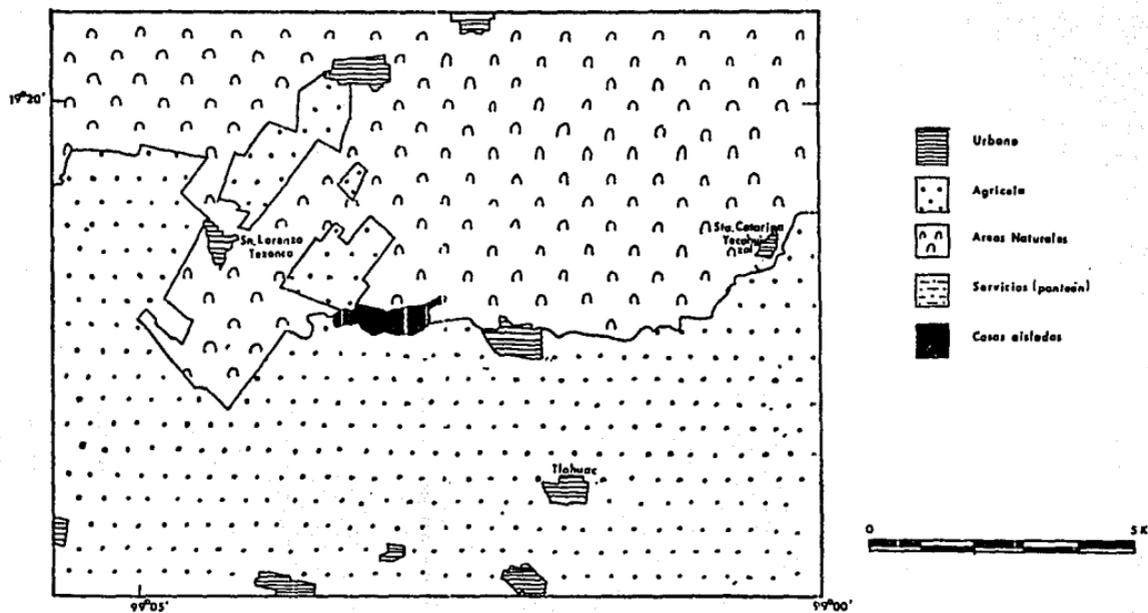


Fig. 28. Uso del suelo en la Sierra de Santa Catarina en 1950

La utilización del terreno por casas aisladas se establecía introduciéndose alrededor de los conos volcánicos occidentales de la Sierra de Santa Catarina y ascendiendo sobre las coladas lávicas al norte de la misma.

Mientras, por otra parte, las áreas naturales se reducían hasta 35.13 km², ocupando la estructura cónica del aparato volcánico del Yuhualixqui y la parte oriental de la Sierra de Santa Catarina, de una mayor juventud, por lo que presenta un relieve accidentado en donde la utilización del suelo es difícil.

Las áreas agrícolas también se redujeron, obteniendo un área de 64.5 km², ascendiendo sobre las coladas de la porción occidental de la Sierra de Santa Catarina, atravesando el claro que se forma entre el volcán Yuhualixqui y el Xaltepec, bordeando completamente al primero.

En ese mismo periodo surgieron varias canteras sobre la base de los conos de tefra de la Sierra de Santa Catarina. Esta nueva utilización del suelo en el área, surgió como una respuesta a las demandas que requería la infraestructura urbana.

Y así es como el área en estudio se consideró como una fuente redituable en la extracción de material de construcción (arena, tezontle, etc), en donde los elementos económicos de ubicación y de la capacidad del recurso se combina, para hacer de las canteras una empresa con buenas ganancias. A partir de entonces, la base de los volcanes de la sierra presenta un gran giro en la utilización del suelo, pasando de áreas naturales al establecimiento de las canteras, las cuales extraen el material sin importar la alteración y desequilibrio que realizan de las formas del relieve.

También, durante el periodo de los años setenta, se crea un nuevo uso del suelo, que corresponde al área de panteones, la cual representa un 1% del área total.

El último mapa de uso del suelo es el del año de 1985 (Fig. 30), donde se tienen los siguientes datos.

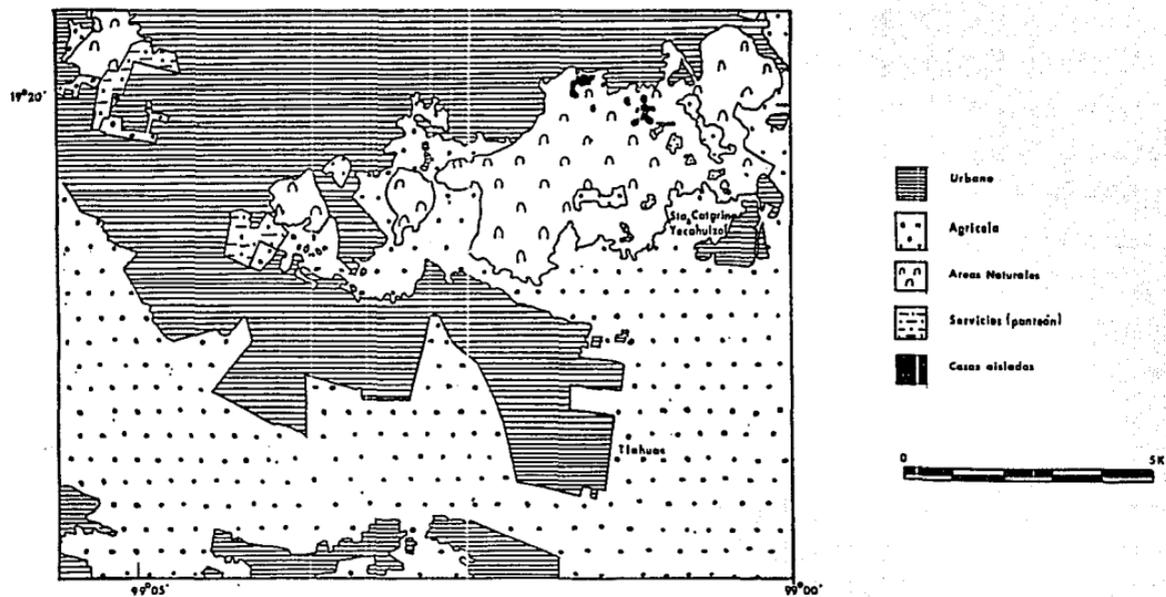


Fig. 30. Uso del suelo en la Sierra de Santa Catarina en 1985

El área urbana aumentó 62.6 km² y un 8% más de lo que representaba en la década de los años 70, creciendo sobre las áreas en donde se establecían casas aisladas y que actualmente constituyen verdaderas colonias. Cabe señalar que el trazo de estos emplazamientos no sigue ningún patrón urbano, como el que presentan las áreas cercanas a las vías de acceso más importantes. Son asentamientos irregulares en donde hasta últimas fechas comienzan a introducir los servicios públicos (agua, drenaje), ya que crecieron principalmente sobre las coladas del norte de la Sierra de Santa Catarina, en lo que corresponde a la delegación Iztapalapa. También avanzó la mancha urbana en la porción occidental de la sierra, bordeando al volcán Yuhualixqui, en lo que anteriormente eran áreas agrícolas en la década de los años cincuenta.

El área que representa el uso agrícola registró en 1985 un incremento de 78.7 km², o sea, 14 km² más de lo que presentaba en 1970. Esto podría hacer pensar que el avance urbano respetó al área agrícola, y todavía le permitió cierto crecimiento, pero en realidad no fue así porque el avance urbano fue sin límites. Pero el incremento de las áreas agrícolas se produjo en detrimento de las áreas naturales establecidas, principalmente al sur de la Sierra de Santa Catarina, en lo que corresponde a la jurisdicción de la delegación Tláhuac. La utilización agrícola en estas áreas no es adecuada, sobre todo en las porciones oriental y sureste de la sierra, ya que ahí se encuentran las zonas más jóvenes del relieve, en donde el desarrollo de los suelos es incipiente y el espesor de las cenizas volcánicas es insignificante y en algunos casos nulo. Algunas porciones occidentales han conservado favorablemente el uso agrícola.

Las áreas naturales han sufrido un decremento, registrando 18.8 km² en 1985, o sea, más de 50 km² menos de lo que presentaba en 1950 (Fig. 31), y esto sin considerar la superficie de las canteras de los conos volcánicos.

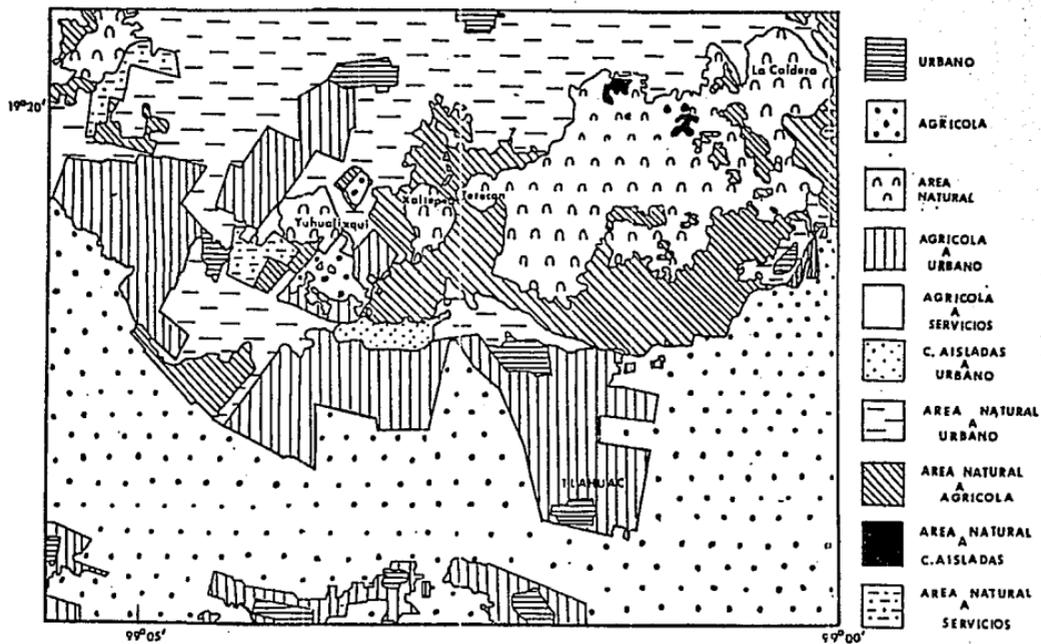


Fig. 31. Modificaciones en el uso del suelo de la Sierra de Santa Catarina en 1950-1985

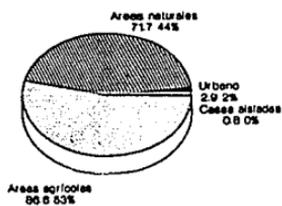


Fig. 32 Uso del suelo, 1950.

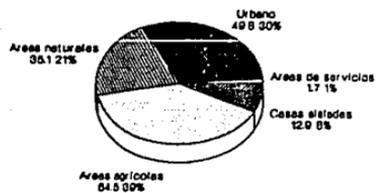


Fig. 33 Uso del suelo, 1970.

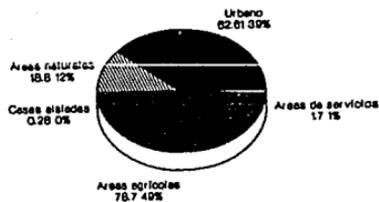


Fig. 34 Uso del suelo, 1985.

En la tabla y en las siguientes gráficas (Fig. 32 a 35) quedan representados los km² y los porcentajes de las áreas que han sufrido modificaciones en la Sierra de Santa Catarina, además de las zonas que han reducido su área de influencia.

SUPERFICIES DE USO DEL SUELO EN LA SIERRA DE SANTA CATARINA.						
	1950		1970		1985	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%
A.Urbana	2.9	1.8	49.8	30.7	62.61	38.5
A.Naturales	71.7	44.2	35.1	21.4	18.8	11.6
A.Agrícolas	86.6	53.4	64.5	39.8	78.7	48.5
C.Aisladas	0.8	0.52	12.9	7.9	0.28	0.17
servicios			1.7	1	1.7	1

AREAS MODIFICADAS EN EL USO DEL SUELO.		
	km ²	%
A. Naturales a A.Urbanas	33.2	38.6
A.Naturales a A.Agrícolas	17.7	20.6
A.Naturales a Servicios	1.6	1.8
A.Agrícolas a A.Urbanas	25.5	29.7
A.Agrícolas a servicios	7	8.1
C.Aisladas a A.Urbanas	0.8	0.9

Tabla 1. Superficies de uso del suelo en la Sierra de Santa Catarina.

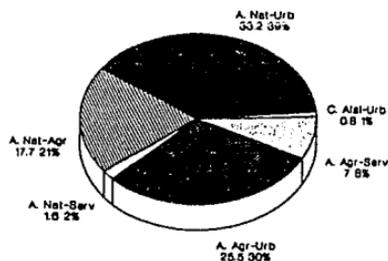


Fig. 35. Modificaciones en el uso del suelo, 1950-1985.

Las áreas naturales han cambiado 33.2 km² en superficie urbana; el segundo sitio lo ocupan las áreas agrícolas, las que han cedido 25.5 km² también al urbanismo; en tercer lugar, nuevamente figuran las áreas naturales que ceden 17.7 km² al uso agrícola sumándose así los 50 km² que anteriormente se mencionaban como áreas naturales perdidas y en donde cabe aclarar que todavía su tamaño es menor, ya que dentro de esta misma zona se encuentran las canteras que extraen el material de construcción, actividad ilegal si se toma en cuenta que la Sierra de Santa Catarina es llamada zona de reserva ecológica (D.D.F., 1987), pero no obstante, las modificaciones por la actividad antrópica van en incremento.

La información anterior nos habla de una fuerte alteración del medio natural, provocada por la alta concentración de la población, la cual es consecuencia directa de la desigualdad económica.

La población pobre que llega a la ciudad de México en busca de nuevos y mejores niveles de vida, no tiene otra alternativa que habitar en condiciones inadecuadas para los asentamientos urbanos, como lo son, las reservas ecológicas, las cuales deberían protegerse porque de lo contrario la problemática de la nuestra ciudad se ve acrecentada, además estas colonias, ya se están estableciendo en las zonas en las que se encuentran compañías extractoras de material, en donde la dinámica erosiva es acelerada, compañías que deben ser desalojadas, ya que se encuentran dentro de la reserva ecológica.

Por otro lado, es adecuado señalar que la delegación Iztapalapa, en comparación con la de Tláhuac, presenta una mayor alteración antrópica, tanto por las compañías de extracción de material como por el avance urbano (Fig. 36).

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

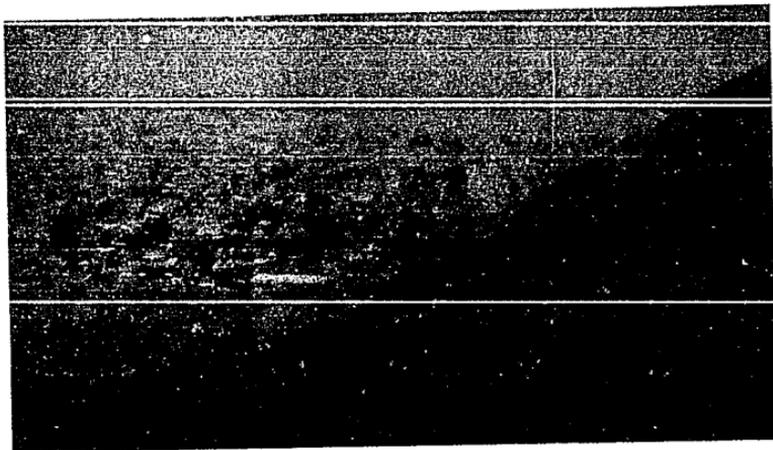


Fig. 36. Vista del volcán Yuhualixqui, destruido por las compañías extractoras de material y rodeado por los asentamientos urbanos.

CONCLUSIONES

- La Sierra de Santa Catarina representa uno de los eventos volcánicos de la Cuenca de México más recientes.
- El foco de emisión que dio origen a los conos volcánicos migró de occidente a oriente, siendo el volcán Yuhualixqui el más antiguo, hasta terminar con el volcán Guadalupe o Santa Catarina que es el cono más joven.
- La última erupción se produjo en la parte central de la Sierra, rompiendo las estructuras anteriores y formando los domos de composición andesítica.
- Se identifican dos fracturas principales en la zona, una al norte de la Sierra de Santa Catarina y la otra bajo ésta.
- Considerando las características morfológicas que presentan las coladas de lava en la zona de estudio, pueden dividirse cuatro grupos: Área occidental, área del Tetecón, área del Mazatepec y Guadalupe y por último el área de los domos.
- Las gran mayoría de las formas exógenas del relieve de la zona de interés han sido originados por la intervención antrópica.
- El avance de las formas erosivas de la Sierra de Santa Catarina se produce principalmente en el periodo de estiaje registrando un promedio desde 1 hasta 2 m de erosión; mientras que en el periodo húmedo es tan solo de 25 a 35 cm.
- La actividad extractiva en el área debe cesar porque de no ser así, implica una fuerte desestabilidad de los procesos geomorfológicos; principalmente los de remoción en masa que debido a la desecación de los materiales que en periodo de estiaje, por gravedad se precipitan.

- El área que representa mayores riesgos es la porción que corresponde a la delegación Iztapala, ya que ahí se ubican preferentemente las zonas extractoras de material y en donde los asentamientos habitacionales han avanzado de forma significativa encontrándose a poca distancia de zonas inestables.
- Se han perdido 33.2 km² de áreas naturales dando paso a los asentamientos urbanos y 25.5 km² de áreas agrícolas en la misma dirección.
- El uso del suelo urbano y extractivo en la zona es inadecuado, porque produce un deterioro en el paisaje, aun en una área considerada como reserva ecológica, .

BIBLIOGRAFIA

- Arellano A.R.V., "La composición de las rocas volcánicas en la parte sur de la Cuenca de México". *Bol. Soc. Geol. Mex.* T. III, pág. 82, Mexico, 1948.
- Arellano A.R.V., "Estratigrafía de la Cuenca de México." *Mem. Congreso Cient. Mex.*, T. III, pág. 172-186. México, 1953.
- Atlas de la Ciudad de México DEPARTAMENTO DEL DISTRITO FEDERAL. 1a. edición, México, 1987.
- Belousov V.V., Geología Estructural. MIR, Moscú, 1972.
- Bryan K., "Los suelos complejos y fósiles de la Altiplanicie de México en relación con los cambios climáticos". *Bol. Soc. Geol. Mex.*, T. XIII, pág. 1-20. México, 1948.
- Butler H. J., Geografía Económica. Ed. Limusa, México, 1986.
- Cepeda D. L., Petrología Ignea. Facultad de Ingeniería, UNAM. México, 1985.
- Coque R., Geomorfología. Alianza Editorial. Madrid, 1984.
- Cserna Z. de, M. de la fuente, M. Palacios, L. Triay, L.M. Mitre y R. Mota., "Estructura geológica, gravimetría, sismicidad y relaciones neotectónicas regionales de la Cuenca de México". *Boletín núm. 104, Instituto de Geología, UNAM*, 1988.
- Demant A., Mauvois R., Silva L., "El Eje Neovolcánico Transmexicano." *Excursión Núm. 4 del III Congreso Latinoamericano de Geología*, México, 1976.
- Ezcurra E., "De las Chinampas a la Megalópolis". La ciencia desde México, Núm. 91. *Fondo de Cultura Económica*, Mexico, 1990.
- Garay Maldonado R.E., "Morfología de la región volcánica Chimalhuacán-Cerro de la Estrella-Sierra de Santa Catarina". *Anuario de Geografía*, Año XIV, pág. 11-66. Facultad de Filosofía y letras, UNAM, México, 1975.
- García Q. J. y Romero G.J; México Tenochtitlan y su problemática lacustre. UNAM, México, 1978.

- Gurria Lacroix J., El desagüe del valle de México durante la época novohispana. UNAM. México, 1978.
- Lugo Hubp J., Introducción al estudio de los conos volcánicos de la parte noroccidental de la Sierra de Chichináyutzin. D.F. Tesis profesional. ESIA, IPN, 1970.
- Lugo Hubp J., "Geomorfología del sur de la Cuenca de México", *Serie Varia*, Inst. de Geografía, T.I., Núm.8. México, 1984.
- Lugo Hubp J., Diccionario Geomorfológico. UNAM, México, 1989.
- Martin del Pozzo A.L., Vulcanismo de la Sierra Chichináyutzin. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1980
- Martin del Pozo A.L. Geoquímica y paleomagnetismo de la Sierra Chichináyutzin. Tesis de doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. México 1990.
- Moncada Maya J.O., Uso del suelo en el Sureste del Distrito Federal. Tesis de licenciatura. Facultad de Filosofía y letras, UNAM, México, 1976.
- Mooser F., "Los ciclos de vulcanismo que formaron la Cuenca de México". XX Congr. Geol. Int. Vulcanología del Cenozoico, T.II. pág. 337-348, México, 1957.
- Mooser F., "Bosquejo geológico del extremo sur de la Cuenca de México". XX Congr. Geol. Int. Excursión C-9, México. 1962.
- Mooser F., Informe sobre la geología de la cuenca del valle de México. Comisión Hidrológica de la cuenca del valle de México, Secretaría de Recursos Hidráulicos. México, 1961.
- Mooser F., "Historia geológica de la Cuenca de México". En: Memoria de las obras del Sistema de Drenaje Profundo del Distrito Federal, T. 1, p. 7-38. México, 1975.
- Mooser F., y A. Montiel. "El relleno post-Chichináyutzin del Valle de México y su relación con la intensidad sísmica". Simposio sobre tópicos geológicos de la cuenca del Valle de México. Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, pag. 55-60, México, 1989.
- Ollier, Cliff. Volcanoes. Oxford Basil Blackwell, 1988.

Rojas R. y Strauss J.; Nuevas noticias sobre las obras hidráulicas prehispánicas y coloniales en el Valle de México. *INAH*. México, 1974.

Tricart J., Pro-lagos. Los lagos del Eje Neovolcánica de México. *UNAM*, México, 1985.

Waitz P., "Excursión geológica a la Sierra de Santa Catarina". *Bol. Inst. de Geol.* Núm, 28, pág. 1-9. *UNAM*, México, 1911.

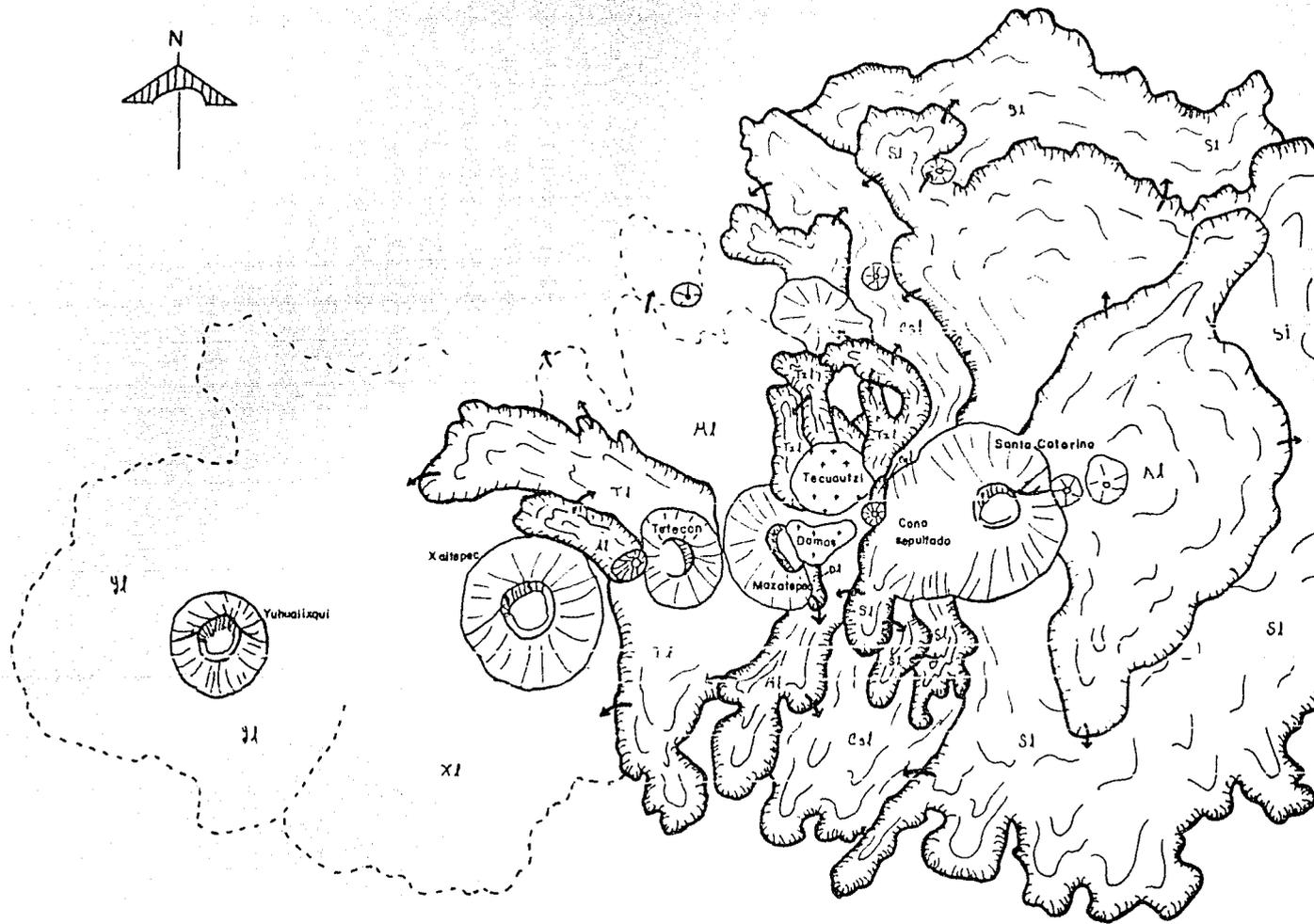
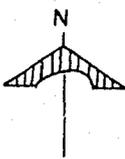
Yarza E., Volcanes de México. *Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística*, México, 1948.

Zeevaert L., "Estratigrafía y problemas de ingeniería en los depósitos de arcilla lacustre de la Ciudad de México". *Congr. Cient. Mex.*, México, 1948, pág. 58-70.



FACULTAD DE FILOSOFÍA Y LETRAS
COLEGIO DE GEOGRAFÍA

19°20'



99°00'



CRONOLOGIA ERUPTIVA DE LA SIERRA DE SANTA CATERINA

EDAD RELATIVA	VOLCAN	DERRAME
	-	Cono pequeño
	Tacuatzli	Tz1
	Domo	D1
	Conos adventicios del Sta. Catarina	A1
	Santa Catarina	SA
	La Caldera	?
	Mazatepec	M1
	Cono sepultado	Cs1
	Cono adventicio del Tetecon	A1
	Tetecon	T1
	Xaltepec	X1
	Yuhualizqui	Y1
+	Conos sepultados al norte	

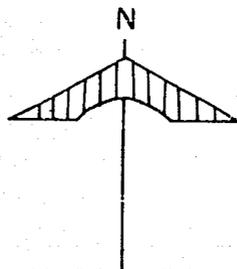
————— Límite de colada lavica
 - - - - - Límite de colada lavica inferior.



Federico Mooser
 Azucena Pérez
 Angel Zuniga
 Arturo Nantiel

99°00'

MAPA SIERRA DE



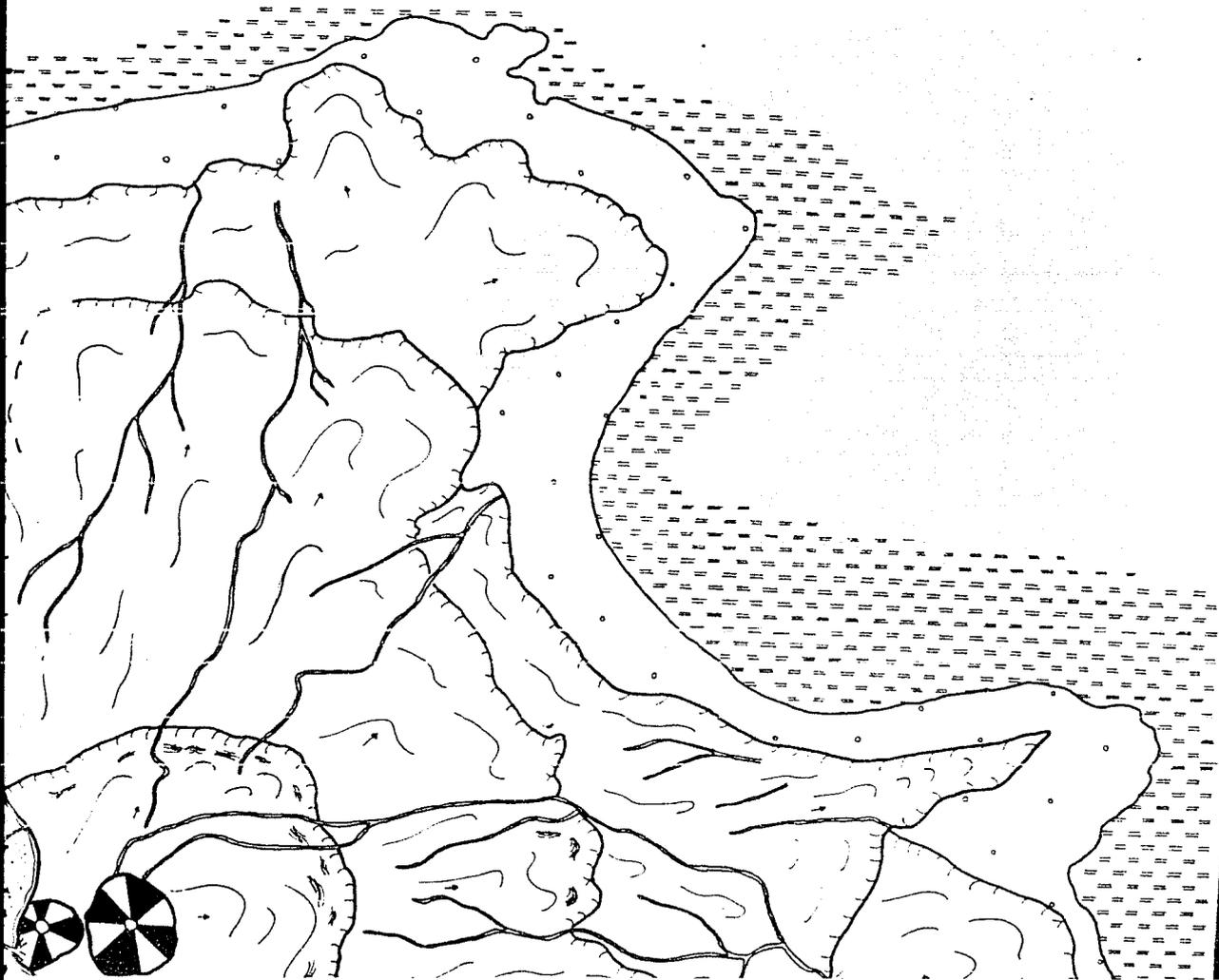
19°20'



MAPA GEOMORFOLOGICO DE LA SIERRA DE SANTA CATARINA, D. F.



LA
, D. F.

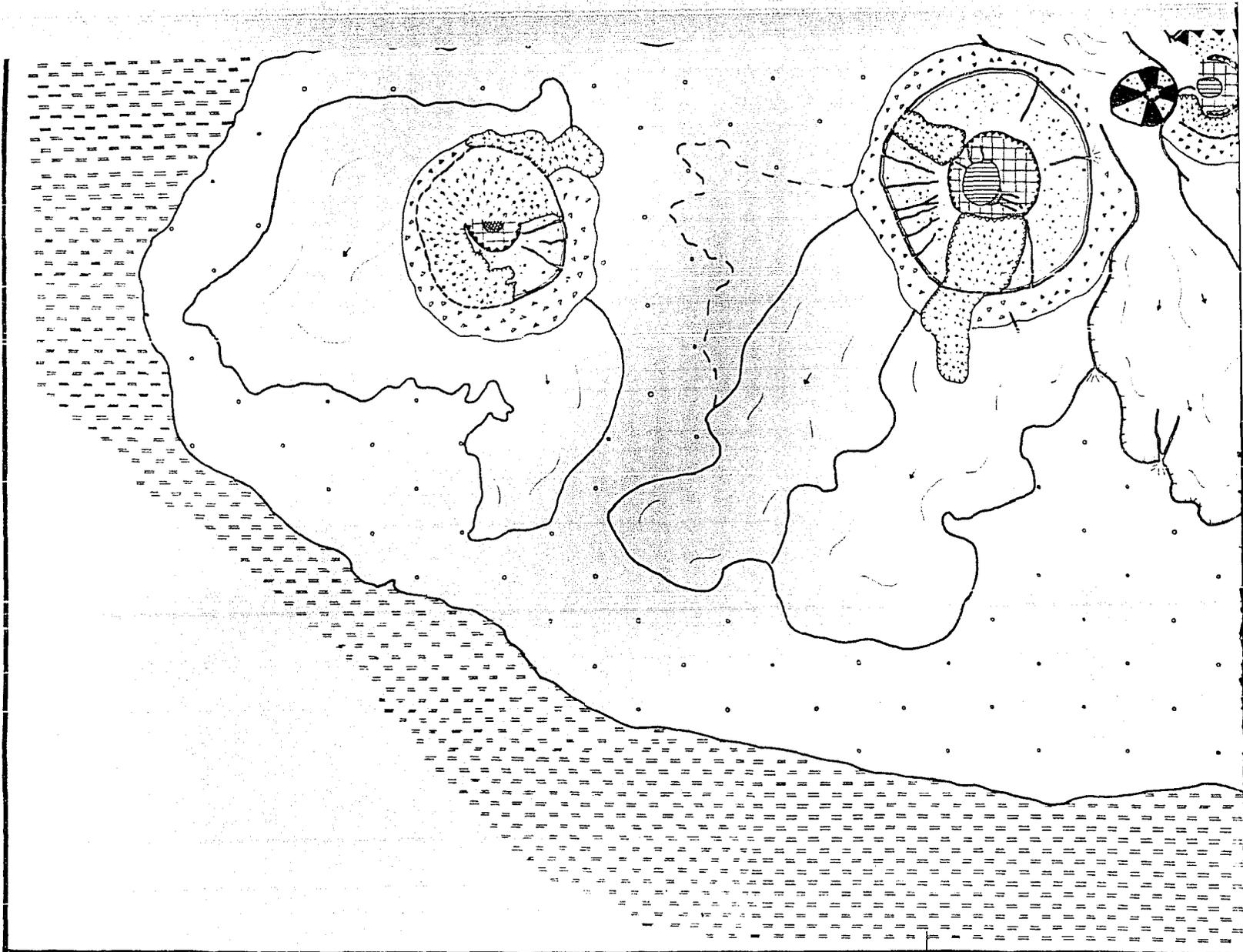


RELIEVE ENDOGENO

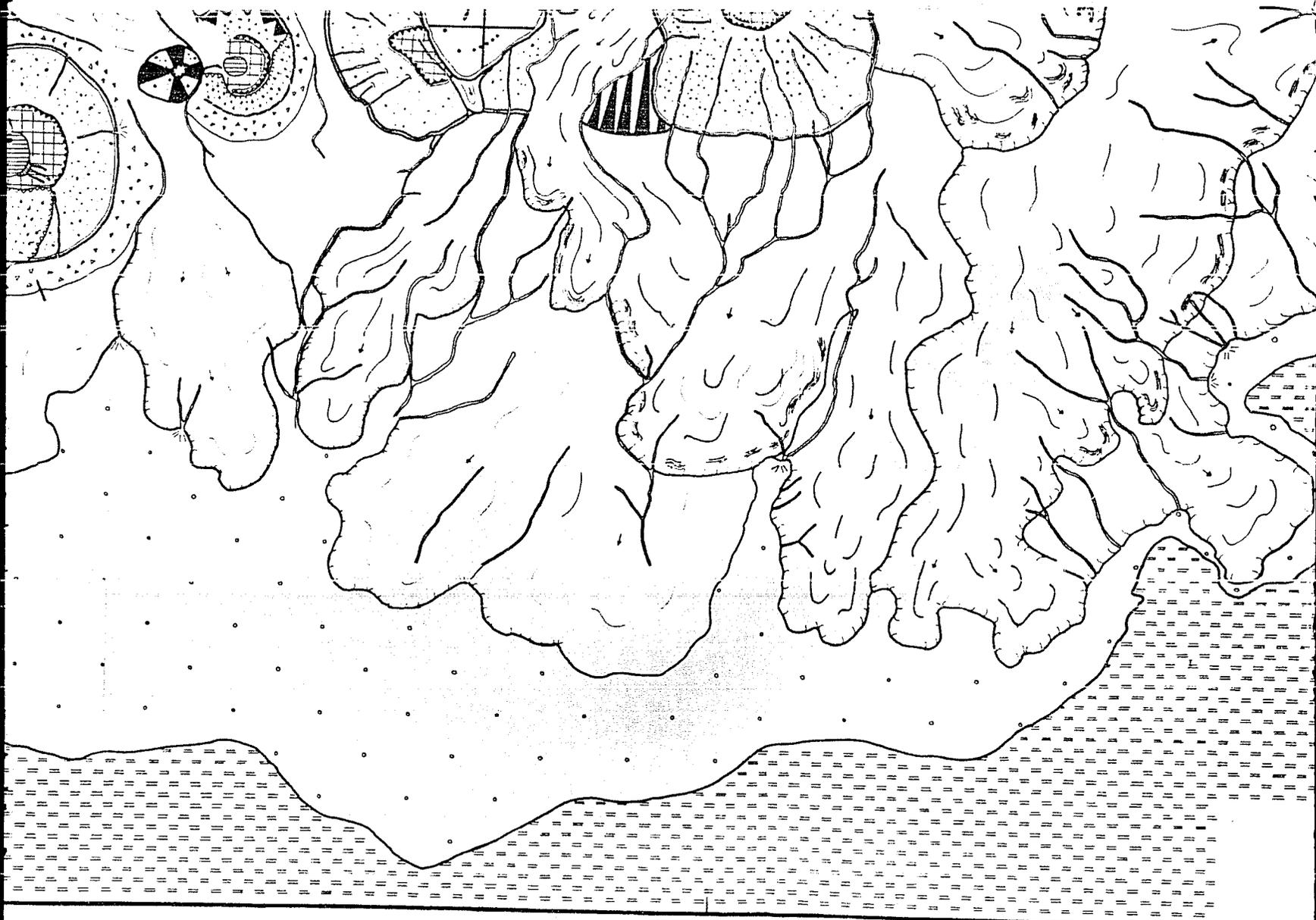
- | | | | |
|----|--|----|--|
| 1 | | 11 | |
| 2 | | 12 | |
| 3 | | 13 | |
| 4 | | 14 | |
| 5 | | 15 | |
| 6 | | 16 | |
| 7 | | 17 | |
| 8 | | 18 | |
| 9 | | 19 | |
| 10 | | 20 | |

RELIEVE EXOGENO

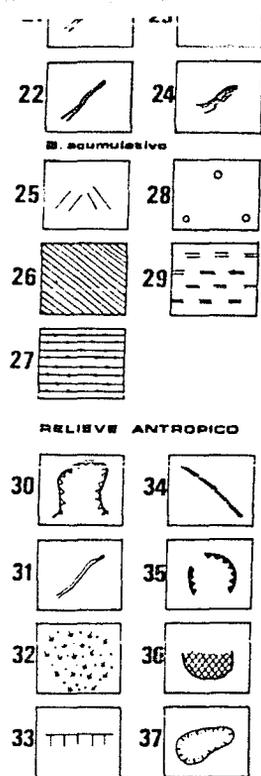
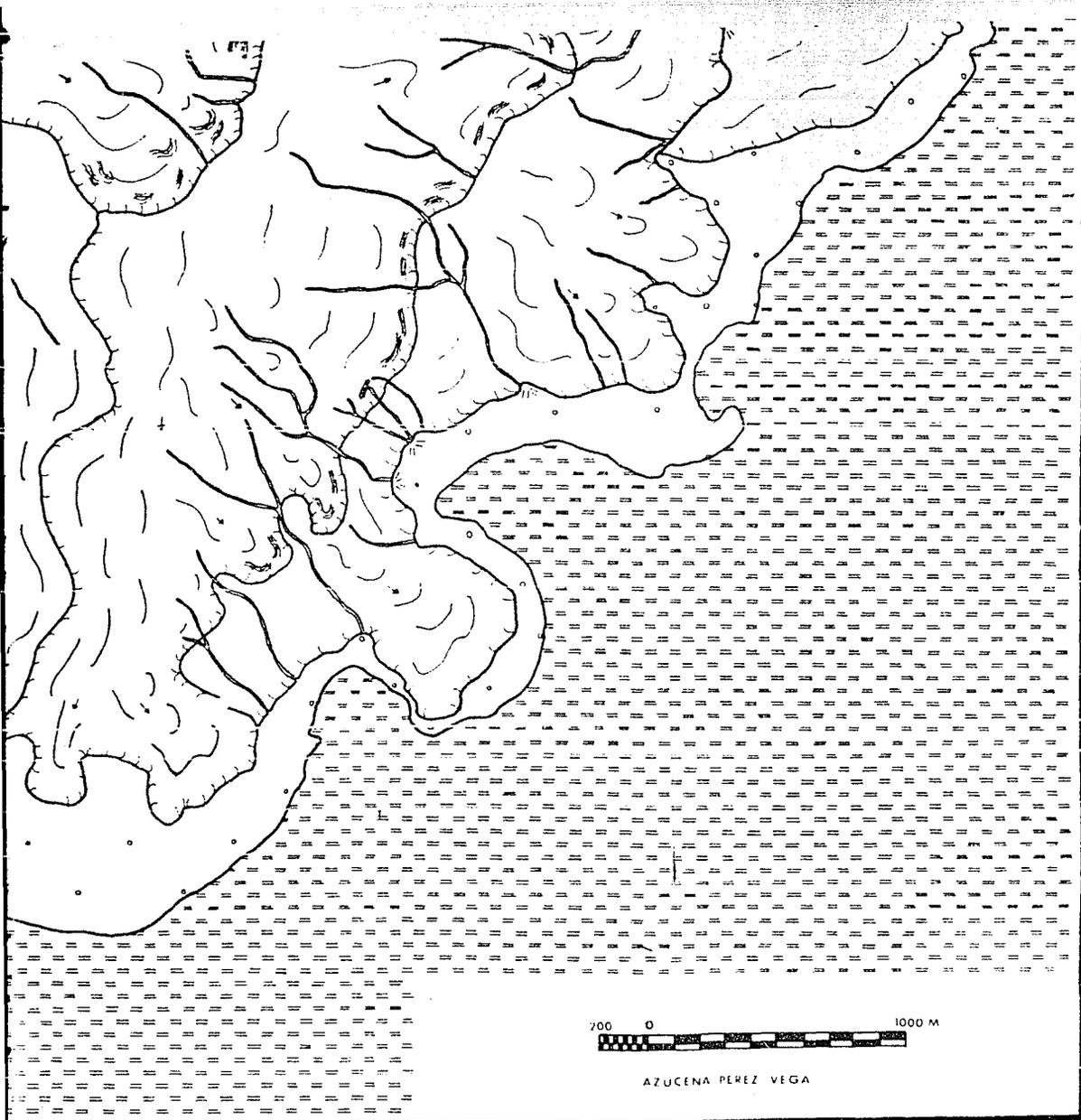
- A. erosivo
- | | | | |
|----|--|----|--|
| 21 | | 22 | |
|----|--|----|--|



99°02'



99°00'



AZUCENA PEREZ VEGA